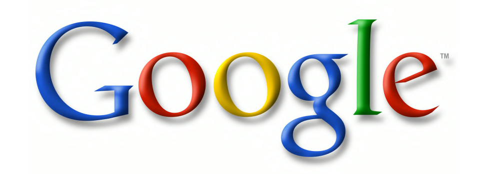
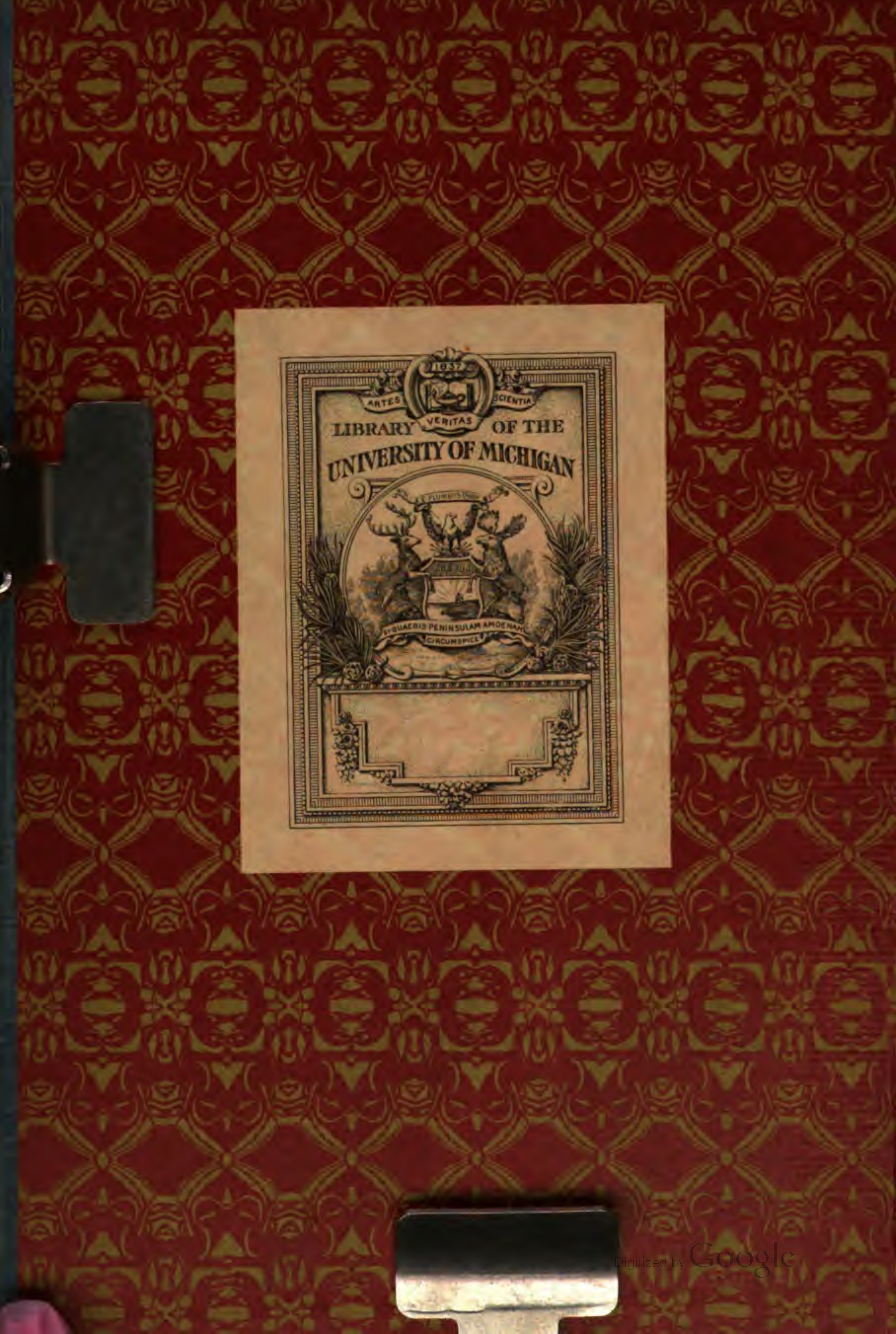



B 467483
LEO KOENIGSBERGER
HELMHOLTZ
Digitized by Google



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



HERMANN VON HELMHOLTZ

DRITTER BAND



■ Nach einem Portrait von Franz von Lenbach 1894. ■
Im Besitze von Frau Ellen von Siemens, geb. von Helmholtz.

HERMANN VON HELMHOLTZ

VON

LEO KOENIGSBERGER

DRITTER BAND

MIT VIER BILDNISSEN UND EINEM BRIEFFACSIMILE

BRAUNSCHWEIG
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN
1903

VORWORT.

Indem ich die Darstellung des Lebensganges eines der gottbegnadeten Fürsten im Reiche geistiger und sittlicher Macht abzuschliessen im Begriffe stehe, überkommt mich von Neuem das Gefühl der Unzulänglichkeit, mit der ich es unternommen, die schöne, aber grosse und schwierige Aufgabe zu lösen. Vielleicht wäre es mir möglich gewesen, derselben besser und würdiger zu entsprechen, wenn ich mehr Kraft und Zeit derselben gewidmet hätte.

Am Sarge des jüngsten Sohnes, Fritz von Helmholtz, am 18. November 1901, fasste ich unter dem Eindruck der zeitlichen Vergänglichkeit aller irdischen Grösse und Herrlichkeit den Entschluss, eine Biographie des grossen Forschers zu entwerfen, und wenn ich schon heute die Arbeit abschliesse, so mögen meine Leser mir Nachsicht und Entschuldigung deshalb gewähren, weil ich, selbst in hohem Alter stehend, es nicht verschulden wollte, von dem einheitlichen Ganzen eines im höchsten Sinne in sich abgeschlossenen Lebens der wissenschaftlichen Welt nur ein Bruchstück zu überliefern.

Heidelberg, im März 1903.

Leo Koenigsberger.

INHALTS-ÜBERSICHT

UND

VERZEICHNISS DER WISSENSCHAFTLICHEN ARBEITEN VON H. von HELMHOLTZ.

Dritter Band.

Seite

VERZEICHNISS

DER

BILDNISSE VON HERMANN VON HELMHOLTZ

UND

ANNA VON HELMHOLTZ GEB. VON MOHL

AUSGEFÜHRT IN VIER HELIOGRAVUREN

BEI MEISENBACH, RIFFARTH & CO., BERLIN-SCHÖNEBERG.

Helmholtz als Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt von Ostern 1888 bis zum 8. September 1894.

Während der letzten Wintermonate des Jahres 1887 und des ganzen darauf folgenden Sommers nahmen die Einrichtung und Organisation der Reichsanstalt, vor allem die Disposition über die wissenschaftlichen und technischen Aufgaben, welche derselben oblagen, alle Gedanken, Kraft und Zeit von Helmholtz in Anspruch, und überraschend schnell wurde mit Hülfe ausgezeichneter Kräfte, die ihm zur Seite standen, alles in geordnete Wege geleitet.

Schon nach kurzer Zeit konnte eine Deputation des Curatoriums der Anstalt ihm den Dank dafür aussprechen,

„dass er auf der Höhe seines Wirkens seine Geistesarbeit in den unmittelbaren Dienst des Gesammtvaterlandes gestellt habe und an die Spitze der hochbedeutsamen Anstalt getreten sei, welche, eine Erweiterung der Reichsverfassung verkörpernd, dazu berufen sei, durch wissenschaftliche Ergründung geheimer Naturkräfte nicht nur die Herrlichkeit, sondern auch die Macht und Wohlfahrt des neuen Deutschen Reiches zu pflegen und zu erhöhen. Er sei ihnen nicht nur verehrungswürdig, sondern theuer und ein Vorbild geworden in der Schlichtheit, Lauterkeit und Treue des Sinnes und der That, durch welche er es vermocht habe, binnen überraschend kurzer

Frist das von Reichswegen ihm vertraute Werk zu demjenigen hohen Ansehen zu erheben, welches es jetzt bereits geniesse",

und der berufenste Vertreter, der ausgezeichnete Director der Anstalt, Loewenherz, durfte hinzufügen:

„Von der doppelten Aufgabe der Anstalt liegt die eine, die Förderung der Wissenschaft durch Anstellung umfassender fundamentaler Untersuchungen, ganz in dem Rahmen Ihrer früheren bahnbrechenden Forschungen. Neu und eigenartig aber stellt sich die andere Aufgabe dar, das Wirken für zweckentsprechende Anwendung der wissenschaftlichen Ergebnisse in den mannigfaltigen Zweigen der menschlichen Thätigkeit. Welch' hohes Maass von Dankbarkeit die Feintechnik und die Technik überhaupt Ihnen dafür schuldet, dass Sie sich entschlossen haben, Ihre Kräfte auch dieser neuen Forderung des Zeitalters zu widmen, das kann Niemand besser ermessen als wir, die wir als Gehülfen Ihnen zur Seite gestellt sind; denn wir kennen das lebhafte und fortgesetzte Interesse, welches Sie auch dieser Aufgabe widmen, wir wissen, wie sehr Ihnen die Lösung der zahlreichen, uns hier entgegentretenden Fragen am Herzen liegt."

Nach einer unausgesetzten monatelangen Arbeit musste er aber im Interesse seiner Gesundheit darauf bedacht sein, eine Pause in seiner Thätigkeit eintreten zu lassen. Er ging zunächst in den ersten Tagen des August 1888 mit seiner Frau nach Bayreuth, wo er sich wieder dem Genuss der „ganz unvergleichlich schönen Meistersinger" hingab, und seine Frau ist nur der Dolmetsch seiner Gefühle, wenn sie ihrer Tochter schreibt:

„Bayreuth, liebe Leute, ist zwar eiskalt gewesen und nur für den geistigen Menschen eine Wonne — aber die ist gross, und es ist eigentlich schön, dass das Irdische so ganz in den Hintergrund dort tritt . . . . Was die „hohe Frau", um mit Robert zu reden, geleistet hat, mit diesen

idealen Vorstellungen, übersteigt die Begriffe. Ihr grosser künstlerischer Wille steht hinter jedem Mitwirkenden und ihr Geschmack über Allem. Alle Künstler sind einig und Alles liebt sich . . .“

Die Verehrung von Helmholtz für Richard Wagner mögen die schönen Worte von Frau Cosima Wagner bezeugen, welche sie nach des grossen Forschers Tode seiner Frau sandte:

„Mit Wehmuth gedenke ich, welch' ein Freund und Gönner von mir schied. Wie er, der Angesehenste seines Standes, seine Sympathie mir bekundete, zu einer Zeit und inmitten einer Welt, wovon die erste verständnisslos war, die zweite verständnisslos blieb.“

Von Bayreuth aus wendet sich Helmholtz wieder nach Pontresina, um die nie vergeblich erhoffte Erholung auch diesmal dort zu finden. Sehr glücklich ist er — wie aus dem warmen Ton seiner Briefe ersichtlich —, dass sein Sohn Robert sich durch mehrere experimentelle Arbeiten einen geachteten Namen unter den Physikern erworben, und dass dessen Neigung sich immer mehr den mathematisch-physikalischen Studien zuwendet. Am 18. August schreibt er demselben von Pontresina aus:

„. . . . Was Deine Probleme betrifft, so weiss ich, dass die Astronomen die Frage discutirt haben, ob die Gravitation Zeit brauche. Welche Genauigkeit aber dabei zu erreichen ist, weiss ich nicht. Sie behaupten, die Beobachtung spräche gegen diese Hypothese. Jedenfalls lohnt es nicht, eine solche Frage anzugreifen, ehe man nicht weiss, welche Beobachtungen möglich wären, und wie auszuführen, um sie zu entscheiden.

Die thermoelektrischen Ströme im Erdkörper werden ein sehr complicirtes Problem abgeben. Eine Anordnung verschiedener concentrischer Kugelschichten in der Erdrinde würde nur Ströme geben, die geschlossenen Ringmagneten entsprechen und nicht nach aussen wirken. Um die Gravitation

des Mondes zu messen, sind unsere bisherigen Methoden, die Schwerkraft zu messen, noch nicht genau genug. Uebrigens suchen die Geodäten eben nach besseren Methoden, und eine akademische Preisfrage ist gestellt worden über den Einfluss der Aufhängung der Pendel auf ihre Schwingungsdauer (Elasticität der Unterlage, Form der Schneide, beziehlich Länge und Elasticität der Feder, an der sie hängen).

Ich für mein Theil habe allerdings, was ich von Mathematik weiss, nur an den Problemen, die ich zu lösen versuchte, gelernt und konnte durch rein abstracte Studien, ohne Anwendung auf Probleme, nie etwas begreifen. Aber Du wirst Dir zunächst einfachere Aufgaben wählen müssen, sei es aus der Mechanik oder aus der Lehre von den Potentialfunctionen, elektrische Vertheilung oder Vertheilung elektrischer Ströme. Die Theorie des Pendels z. B., welches an einer elastischen Uhrfeder aufgehängt ist, wäre ein gutes Beispiel. Diese Art der Aufhängung ist nämlich viel weniger der Reibung unterworfen als die auf Schneiden..."

Seinen Geburtstag verlebt er wie schon häufig in Pontresina, aber vereint mit seiner Frau und erhält wie immer eine reiche Zahl verehrungsvoller Glückwünsche; dieser erste Geburtstag in seiner neuen Stellung bringt ihm einen Brief des Mathematikers L. Kronecker vom 28. August, der in Form und Inhalt gleich interessant ist:

„In wenigen Tagen, am letzten dieses Monats, vollenden Sie das 67. Jahr ihres thatenreichen, über so viele Gebiete Licht spendenden und glanzvollen Lebens! Ich bringe Ihnen dazu meine wärmsten Glückwünsche dar .... Die Zahl 67 ist die letzte jener drei kritischen Zahlen im ersten Hundert, für welche der Beweis jenes berühmten Fermat'schen Satzes, der die grössten Mathematiker so lange beschäftigt hat, noch nicht erbracht ist. Die grössten arithmetischen Fährlichkeiten des ersten Hundert Ihrer Lebensjahre haben Sie also bei Empfang dieser Zeilen glücklich überstanden, und ich wünsche Ihnen von Herzen, dass Sie alle physischen

Fährlichkeiten ebenso sicher und leicht überstehen mögen! Dieser 31. August ist der erste Ihrer Geburtstage, den Sie in dem neuen Lebensstadium, in welches Sie das neue von Ihnen übernommene Amt geführt hat, begehen. Mögen Sie darin volle Befriedigung finden und eine lange Reihe von Jahren zum Segen der Wissenschaft Ihre grossartige Wirksamkeit ausüben, dabei aber auch der Universität — wie Sie es zugesagt haben und wie es jener Erlass betreffend „die Erhaltung der Kraft Helmholtz" gestattet — Ihre segensreiche Lehrthätigkeit aufs Intensivste widmen. Nach diesem Stadium, in welchem Sie ausschliesslich mathematische Physik vortragen, wird — ich bin ebenso von dem Wunsche als der Ueberzeugung beseelt — ein Stadium nachkommen, in welchem Sie sich der reinen Mathematik zuwenden und auch dahinein die Leuchte Ihres Geistes tragen. Sie haben ja an vielen Stellen schon angesetzt, und es ist — wie mir schon lange scheint — nur die Consequenz des in der Geschichte der Wissenschaften wohl einzig dastehenden Entwickelungsganges Ihres wissenschaftlichen Lebens, dass es von der rechten Seite praktischst-wissenschaftlicher Medicin beginnend, durch die Physiologie zur experimentellen und theoretischen Physik weiterschreitend, schliesslich auf der äussersten Linken in der ganz abstracten „reinen" Mathematik anlangt. Der Reichthum praktischer Erfahrung, gesunder und interessanter Probleme, den Sie der Mathematik zubringen, wird derselben — wie im vorigen Jahrhundert die Arbeit der Astronomen — sicher dann eine neue Richtung und damit einen neuen Aufschwung geben; denn die einseitig nur in sich selbst gekehrten mathematischen Speculationen führen in sterile Gebiete. Also, kommen Sie auch zu uns hinüber, hochverehrter Freund, und drücken Sie auch in die Bahnen der reinen Mathematik die unvergänglichen Spuren Ihrer originellen und kühnen Forschungsschritte, damit auch dort die Pfade der Zukunft damit bezeichnet werden."

Gerade in dieser Zeit stand Helmholtz auch wirklich schon mitten in seinen grossen mathematischen Untersuchungen über die monocyklischen Systeme und das Princip der kleinsten Wirkung!

Die neue Auflage der physiologischen Optik nöthigte ihn zugleich, beständig eine fortlaufende Reihe schwieriger optischer Fragen nachzuprüfen und ihre Beantwortung neu zu gestalten. Am 2. November 1888 machte er der Physikalischen Gesellschaft eine kurze Mittheilung „Ueber das Eigenlicht der Netzhaut“, die in der Zeitschrift für Physiologie und Psychologie der Sinnesorgane unter dem Titel „Die Störung der Wahrnehmung kleinster Helligkeitsunterschiede durch das Eigenlicht der Netzhaut“ im Jahre 1890 näher ausgeführt ist.

Das Fechner'sche Gesetz, wonach die kleinsten unterscheidbaren Helligkeitsunterschiede der ganzen Helligkeit proportional sein sollen, hat insofern nicht allgemeine Gültigkeit, als die Empfindlichkeit des Auges sowohl für höchste Lichtintensitäten wie für niedrigste sich geringer erweist, als sie nach dem Gesetz sein sollte. Während für starkes Licht der Grund darin zu suchen ist, dass durch dasselbe die Empfindungsstärke der getroffenen Netzhautstelle herabgesetzt wird, wurde für die niedrigsten Helligkeiten von Fechner das Eigenlicht der Netzhaut als Grund dafür angesehen. Da nun die Stärke des Eigenlichts, die Volkmann auf Grund dieser Hypothese berechnete, einen viel zu geringen Werth ergab, so suchte Helmholtz den Grund in einer anderen Erscheinung. Er fand, dass das Eigenlicht nicht gleichmässig über den Grund der Netzhaut verbreitet ist, sondern dass wir es stets unregelmässig fleckig sehen, und dass, was man von dieser innern Erregung der Netzhaut unter gewöhnlichen Umständen bei schwacher äusserer Beleuchtung überhaupt wahrnimmt, nur die localen Unterschiede der Helligkeit in den Flecken sind, während man nur ausnahmsweise Gelegenheit hat, die mittlere Helligkeit

des Grundes durch Vergleichung mit noch dunkleren Feldern abzuschätzen. Helmholtz führt nun eine Reihe höchst interessanter Versuche aus, welche zeigten, dass die Fleckigkeit des Eigenlichts in der That das Haupthinderniss für die Wahrnehmung sehr schwach beleuchteter, namentlich kleinerer Objecte bildet, indem dieselben zwischen den Flecken des Eigenlichts verschwinden und mit solchen verwechselt werden. Es ergab sich bei seinen Versuchen auch die interessante Thatsache, dass eine grosse, schwaches Licht aussendende ruhende Fläche vollkommen unter dem Eigenlicht der Netzhaut verschwinden kann, während sie genug Licht aussendet, um von ihr beleuchtete bewegte Objecte erkennbar zu machen. Helmholtz entwirft endlich noch eine mathematische Theorie des Einflusses der fleckigen Vertheilung des Eigenlichts der Netzhaut auf die Grösse der Unterschiedsschwellen, die eine hinreichend gute Uebereinstimmung mit den Beobachtungen liefert, und ist auch im Stande, die Abweichungen vom Fechner'schen Gesetz für hohe Lichtstärken mit seinen mathematischen Ausdrücken vereinbar zu machen.

Die Weiterentwickelung der Elektricitätslehre auf Grund der Faraday-Maxwell'schen Hypothese hatte Helmholtz, wie wir sahen, ganz seinem Freunde und Schüler Hertz überlassen.

Derselbe schreibt ihm am 30. November:

„Als Sie mich in Berlin fragten, ob ich weitere Versuche über die elektrischen Wellen angestellt habe, wusste ich nichts von Bedeutung zu berichten, gegenwärtig habe ich indessen einen weiteren Fortschritt gemacht, welcher die Verbindung zwischen Licht und Elektricität, wie mir scheint, dauernd festlegt, und über welchen es mich daher drängt, Ihnen zu berichten.

Zunächst zeigte mir ein glücklicher Zufall, dass sich nicht nur Wellen von mehreren Metern Länge erzeugen lassen, sondern dass sich auch mit viel kürzeren Wellen

arbeiten lässt, wodurch an Bequemlichkeit unendlich gewonnen wird. Mit Wellen von 33 cm Länge in Luft habe ich meine früheren Resultate zum Theil mit Vortheil bestätigen können. Mit diesen kurzen Wellen habe ich nun auch die Versuche wiederholt, die Kraft durch Hohlspiegel in die Ferne zu senden und einen Strahl herzustellen und zwar mit bestem Erfolge. Ich stelle meine primären und secundären Leiter in die Brennlinie eines parabolisch gekrümmten Bleches von 2 m Höhe und 2 m Breite und finde nun aus dem Spiegel einen Strahl austreten, der in wohlbegrenzter Breite von etwa 1½ m in einem zweiten Hohlspiegel bis auf 16 m Entfernung, und wahrscheinlich weiter, wahrnehmbar ist. Man kann den Strahl durch Drehen des Spiegels richten, man kann an ihm die geradlinige Ausbreitung, die Schattengebung vollkommen nachweisen. Ein Mensch z. B., der die Bahn des Strahles kreuzt, lässt den Funkenstrom in dem inducirten Spiegel vollständig erlöschen. Gestern ist es mir nun auch geglückt, die regelmässige Reflexion des Strahles deutlicher nachzuweisen, als ich gehofft hatte. Stellte ich die Hohlspiegel neben einander, so war ein Einfluss von *A* auf *B* nicht vorhanden; wurde nun aber vor die Hohlspiegel eine ebene metallische Wand gestellt, so traten in *B* sofort Funken auf, die noch wahrgenommen wurden, wenn die Wand 10 m von den Spiegeln entfernt war. Ebenso konnte ich die Reflexion unter 45° herstellen, indem ich zwei benachbarte Zimmer benutzte. Das Schliessen der dieselben trennenden Holzthüren behindert das Zustandekommen des secundären Funkens durchaus nicht. Dagegen hören die Funken auf, wenn die ebene spiegelnde Wand nur um etwa 5° nach der einen oder anderen Seite aus der richtigen Lage gedreht wird; daraus ersieht man, dass die Reflexion die regelmässige, keine diffuse ist.

Verzeihen Sie, hochverehrter Herr Geheimrath, meinen Eifer, wenn ich suche, diese Beobachtungen so bald an Ihr

Ohr zu tragen. Ich beabsichtige, sie zu wiederholen und zu erweitern und sie dann zu einem Akademiebericht zusammenzustellen, und hoffe, Sie werden denselben gütig entgegennehmen, wenn Sie auch jetzt gewiss sehr überhäuft mit solchen Geschäften sind."

Helmholtz antwortet ihm in freudigster Aufregung:

„Ueber Ihre letzten Thaten habe ich mich sehr gefreut. Es sind Dinge, an deren Möglichkeit ich Jahre lang herumgenagt habe, um ein Loch zu finden, wo man ihnen beikommen könnte, und mir ist desshalb auch der ganze Gedankengang vertraut und ihre grosse Wichtigkeit gleich einleuchtend."

Nachdem Hertz bereits zu Ostern 1885 als ordentlicher Professor der Physik an die technische Hochschule zu Karlsruhe berufen war, wurde ihm durch Helmholtz nach dem Tode von Kirchhoff und Clausius die Wahl gestellt, einem Rufe nach Berlin oder Bonn zu folgen; als er sich sogleich für Bonn entschieden hatte, indem er „die Bonner Professur als Experimentalprofessur der grossen Ehre vorzog, welche die Facultät in Berlin ihm zugedacht hat", schreibt ihm Helmholtz am 15. December 1888:

„Es thut mir persönlich leid, dass Sie nicht nach Berlin kommen wollen, aber, wie ich Ihnen schon früher sagte, ich glaube allerdings, dass Sie in Ihrem eigenen Interesse ganz richtig handeln, wenn Sie Bonn zunächst vorziehen. Wer noch viel wissenschaftliche Aufgaben vor sich sieht, die er angreifen möchte, bleibt den grossen Städten besser fern. Am Ende des Lebens, wenn es mehr darauf ankommt, den errungenen Standpunkt für die Heranziehung der neuen Generation und für die Staatsverwaltung zu verwerthen, ist es anders."

Aus der Fülle der Auszeichnungen, welche Helmholtz in dieser Zeit zu Theil wurden, mag nur hervorgehoben werden, dass ihm die Doctorwürde der Universität Bologna verliehen, dass er zum Ehrenmitglied der Kaiserlich russischen

Akademie der Medicin und zum Professor de chimie biologique an der Universität von Madrid ernannt wurde.

Die Fortführung seiner meteorologischen Studien während des folgenden Winters und die dadurch nothwendig gewordene grössere Enthaltung von öffentlichen Vorträgen und Reden in wissenschaftlichen Versammlungen unterbrach er nur einmal in der ausgesprochenen Absicht, seinem nur zu früh verstorbenen Jugendfreunde und späterem vielfachen Gegner in der Werthschätzung seiner grossen wissenschaftlichen Verdienste gerecht zu werden.

Zur Erinnerung an R. Clausius hielt Helmholtz am 11. Januar 1889 einen Vortrag in der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin, in dem er trotz der vielen Streitpunkte in früherer Zeit die grossen Verdienste Clausius' hervorzuheben sich bemühte. Alle seine eigenen Untersuchungen der letzten Jahre, welche die Entwickelung der modernen Mechanik der Chemie betrafen, beruhten, so weit sie fest und sicher waren, auf dem schon von Sadi Carnot, aber nur in einer für engste Temperaturintervalle richtigen Form gegebenen, sogenannten zweiten Satze der mechanischen Wärmetheorie, dessen Bedeutung und Allgemeingültigkeit erst durch die von Clausius gegebene strenge Fassung gewonnen wurde. „Er ist nicht nur eine der wichtigsten, sondern auch eine der überraschendsten und originellsten Leistungen alter und neuer Physik“, weil derselbe einer der wenigen ist, welche absolute Allgemeingültigkeit unabhängig von aller Verschiedenheit der Naturkörper beanspruchen können. Helmholtz nennt das Gesetz originell deshalb, weil es trotz seiner uneingeschränkten Allgemeingültigkeit einen allgemeinen und strengen mechanischen Beweis noch nicht erhalten hat. Clausius und W. Thomson haben gleichzeitig die Untersuchung der Frage unternommen, wie Carnot's Gesetz mit dem Gesetz des mechanischen Wärmeäquivalents zu verbinden sei, doch spricht Helmholtz Clausius die Priorität zu, welcher seine Resultate schon

im Mai 1850 veröffentlicht hat; nur in ihren numerischen Werthen für die absolute Temperatur waren die beiden Forscher von verschiedenen Hypothesen ausgegangen und waren deshalb zu verschiedenen Schlüssen gekommen. Helmholtz hebt am Schlusse seiner die grösste Werthschätzung und Bewunderung der Clausius'schen Untersuchungen bekundenden Rede hervor, dass nun erst die Möglichkeit gegeben war, einen von den besonderen Eigenschaften irgend eines einzelnen Naturkörpers freien Begriff der absoluten Temperatur auszubilden; aber, was das Wichtigste war, es wurde dadurch ein ganz besonderer Charakter der Wärmebewegung festgestellt, welcher dieselbe von allen anderen Kraftäquivalenten unterscheidet; während die anderen beliebig in einander übergeführt werden können, ist dies für die Wärme nur in begrenztem Maasse der Fall, wenigstens so lange wir nicht auf den Nullpunkt der absoluten Temperatur zurückgehen können.

Wie Helmholtz gerade über diese letzte schwierige Frage gedacht hat, haben wir oben bei der Besprechung seiner monocyklischen Studien gesehen, wo er die geordnete Rewegung, welche durch eine continuirliche Function der Coordinaten und der Zeit definirt ist, von der ungeordneten Bewegung, bei welcher die Bewegung benachbarter Theilchen keine Art von Aehnlichkeit mit einander hat, unterscheidet. Er betrachtet die Wärmebewegung auch als eine ungeordnete, sieht aber das Hinderniss, dieselbe in eine geordnete zurückzuführen, nur in der Beschränktheit der Hülfsmittel der menschlichen Natur; könnten wir diese Mängel überwinden, so müssten alle Processe wieder rückwärts verlaufen. Allerdings bestehen, wie er in seinen Vorlesungen wiederholt andeutete, bei einigen Pflanzen Vegetationsprocesse, wo keine Kraftquelle sichtbar ist, wo also die Frage aufstösst, ob sie etwa die Wärmebewegung ordnen.

In den Osterferien erhielt Helmholtz die Nachricht von

dem Tode seines alten, treuen Freundes Donders: „Die mir von Ihnen übersendete Nachricht von Professor Donders' Tode“, schreibt er am 27. März an Engelmann, „hat mich ganz unvorbereitet getroffen und mich auf das tiefste erschüttert. .... Ich habe nie einen Gelehrten und ausgezeichneten Forscher kennen gelernt, bei dem das Bewusstsein, für einen idealen Zweck zu arbeiten, so warm und begeistert hervorgetreten wäre. Die Berührung mit ihm hatte dadurch etwas ungemein Wohlthuendes und Herzgewinnendes ....“

Nachdem er im Juni 1889 von seiner bisherigen Dienstwohnung in Berlin nach dem in der Marchstrasse in Charlottenburg belegenen Wohnhause des Präsidenten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt übergesiedelt war, legte er zunächst alle anderen wissenschaftlichen Arbeiten bei Seite und vertiefte sich ganz, soweit seine Zeit nicht durch die anstrengende Beschäftigung an der Reichsanstalt in Anspruch genommen war, in seine meteorologischen Arbeiten. Am 31. Mai 1888 und am 25. Juli 1889 legte er der Berliner Akademie zwei Mittheilungen „Ueber atmosphärische Bewegungen“ vor, deren Inhalt zum Theil, wenn auch in etwas anderer Form, den Gegenstand seines im September 1889 auf der Heidelberger Naturforscherversammlung gehaltenen Vortrages „Ueber die Bewegung der Atmosphäre“ bildete.

Helmholtz wendet zunächst auf Euler's hydrodynamische Gleichungen für eine der Reibung unterworfene Flüssigkeit die schon mehrfach von ihm benutzte Ueberlegung an, dass die particulären Integrale derselben auch für den Fall gelten, dass die Coordinaten, die Zeit und die Reibungsconstante auf ein beliebiges n-faches vergrössert werden, während die Kräfte, der Druck und die Geschwindigkeitscomponenten denselben Werth behalten. Es ergiebt sich daraus, dass die Bewegung in analoger Weise, nur langsamer von Statten geht, wenn bei der Bewegung der vergrösserten Masse auch gleichzeitig die

Reibungsconstante entsprechend vergrössert werden kann. Bleibt der Werth der letzteren jedoch unverändert, so wird der Einfluss der Reibung auf die vergrösserte Masse sehr viel kleiner werden, und also die grosse Masse die Wirkungen des Beharrungsvermögens viel weniger durch die Reibung beeinflusst zeigen. Da nun die Dichtigkeit und das Potential unverändert bleiben sollten, also die Kräfte, während der ganze Process zu seinem Ablauf die n-fache Zeit erfordert, auf den n-ten Theil der früheren Kräfte reducirt werden, so schliesst Helmholtz, dass sich in verkleinerten Modellen die in verschiedenen Höhen verschiedene Dichtigkeit der Luft nicht nachahmen lässt, da wir die Schwerkraft nicht entsprechend ändern können. Er zeigt nun an speciellen Fällen, wie ausserordentlich unbedeutend die Wirkungen der Reibung an der Erdoberfläche, die im Verlaufe eines Jahres zu Stande kommen können, für die höheren Luftschichten sein würden. Nur an festen Grenzen des von der Atmosphäre erfüllten Raumes oder an inneren Trennungsflächen, wo Ströme verschiedener Geschwindigkeit an einander grenzen, werden die Flächenkräfte bei Vergrösserung des Maassstabes dieselben bleiben, auch wenn man die Reibungscoefficienten nicht mit vergrössert. Es wird daher nur an der Bodenfläche und an den bei Wirbelbewegungen vorkommenden Trennungsflächen die Vernichtung lebendiger Kraft durch Reibung stattfinden können. Ebenso wird auch für den Wärmeaustausch fast nur Strahlung und Convection der Wärme durch Luftbewegung in Betracht kommen ausser an den Grenzen gegen den Erdboden und an inneren Discontinuitätsflächen, wo auch Temperaturänderungen durch die eigentliche Leitung der Wärme, Diffusion der bewegten Gasmolekeln zwischen wärmeren und kälteren Schichten vor sich gehen können. Mit Zugrundelegung der Maxwell'schen Reibungsconstanten für Luft wird gezeigt, dass eine durch Reibung verzögerte Bewegung bei 0° in 42747 Jahren auf die Hälfte ihrer Ge-

schwindigkeit herabgehen würde, falls der Abstand beider Schichten gleich 8026 m, der mittleren Höhe einer Atmosphäre von constanter Dichtigkeit ist, und die niedere Temperatur der oberen Schichten würde den Einfluss der Reibung noch weiter verringern. Ebenso würde durch Wärmeleitung der Temperaturunterschied der oberen und unteren Fläche einer Atmosphäre von 8026 m Höhe auf seine Hälfte in 36164 Jahren reducirt werden.

„Für die Meteorologie", sagt v. Bezold, „werden seine Untersuchungen über Integrale der hydrodynamischen Gleichungen in der Folgezeit noch hohe Bedeutung erlangen."

Da nun ferner aus einer leichten Rechnung hervorgeht, dass eine ungehemmte Circulation der Luft in der Passatzone selbst nicht bis zu 30° Breite bestehen kann, die Beobachtungen aber in der That eine Circulation der Luft in der Passatzone nachweisen, so wirft Helmholtz die Frage auf, wodurch die westöstliche Geschwindigkeit dieser Luftmassen gehemmt und verändert wird.

Nachdem er die Bedingung für das Gleichgewicht rotirender und verschieden erwärmter Luftringe aufgestellt, deren Axe mit der Erdaxe zusammenfällt, und die durch den Druck der benachbarten ähnlichen Ringe bald mehr nördlich, bald südlich geschoben werden, stützt er sich auf das bekannte mechanische Princip, wonach das für die Einheit der Masse berechnete Rotationsmoment, welches dem Producte der Winkelgeschwindigkeit des Ringes und dem Quadrate von dessen Radius gleich ist, constant bleibt. Er findet, dass der Druck sowohl vom Pol wie vom Aequator her gegen die Stelle hin wächst, wo der Ring Windstille macht, d. h. die Winkelgeschwindigkeit des Ringes der Rotationsgeschwindigkeit der Erde gleich ist. Hierauf sich stützend, stellt er die Gleichgewichtsbedingung für an einander stossende Schichten von verschiedenen Werthen der Temperatur der betreffenden Luftmassen und verschiedener Rotationsgeschwindigkeit auf und findet aus denselben, dass das

Gleichgewicht stabil sein wird, wenn die wärmehaltigeren Schichten in der Richtung nach dem Himmelspol zu höher liegen; er bestimmt sodann die Lage der Schichten bei continuirlicher Aenderung der Rotationsgeschwindigkeit mit dem Wärmegehalt.

Nun geht er dazu über, die allmählichen Veränderungen des Gleichgewichts durch Reibung und Erwärmung zu untersuchen. Indem er von den bekannten Erscheinungen der Ausbreitung von Temperaturänderungen in der Luft ausgeht, je nachdem unten oder oben Wärme zugeführt oder entzogen wird, findet er, dass, während unten meist continuirliche Uebergänge in der Temperatur und dem Rotationsmoment der Schichten stattfinden, oben die Ränder der sich ausbreitenden Calmenzone in unmittelbare Berührung mit den unterliegenden Schichten von geringerer Rotationsgeschwindigkeit und geringerer Temperatur treten. Er knüpft nun an seine älteren Untersuchungen über discontinuirliche Bewegungen der Flüssigkeiten an, bei denen an gewissen Trennungsflächen, Wirbelflächen, plötzliche Sprünge in den Werthen der tangentialen Geschwindigkeiten auf der einen und anderen Seite der Fläche vorkommen, und charakterisirt die eigenthümliche Art des labilen Gleichgewichts, welches solche Flächen zeigen. Er weist auf die bekannten physikalischen Beispiele solcher Flächen hin, wie sie sich in den sensiblen Flammen, cylindrischen Strahlen rauchiger Luft und dem Blatt bewegter Luft an der Anblaseöffnung der Orgelpfeifen darbieten. So werden sich nun zwischen etwas schwereren und darüber liegenden etwas leichteren Luftschichten scharfe Grenzen ausbilden, es wird das Gleichgewicht an der Grenze labil sein, und die Bewegungen sich früher oder später in Wirbel auflösen, die zu ausgedehnten Vermischungen beider Schichten führen. Da die untere Schicht schwerer ist, so werden die Störungen ähnlich den Wasserwogen verlaufen, die durch Wind erregt werden, wenn auch der Unterschied des specifischen Gewichts in jenem

Falle viel geringer ist. Es werden in Fällen, wo zwei Luftmassen von verschiedener Temperatur über einander hinwegfliessen, an der Grenzfläche Wellen entstehen müssen. Diese Wellen können sich dem Auge durch plötzlich auftretende Reihen regelmässig geordneter paralleler Wolkenstreifen verrathen, die durch einen neuen Anstoss abermals nach anderer Richtung gefurcht werden können und dann die sogenannten Lämmer- oder Schäfchenwolken, die gestreiften Cirruswolken, bilden; sie werden aber erst sichtbar, wenn die untere Schicht so weit mit Wasserdampf gesättigt ist, dass die Wellenberge, in denen der Druck geringer ist, Nebel zu bilden anfangen. Dass diese Erklärung auch die richtige ist, haben, wie Bezold hervorhebt, die während der letzten Jahre von Berlin aus unternommenen wissenschaftlichen Luftballonfahrten unwiderleglich bewiesen, indem das Durchschneiden einer Wolkenschicht von der oben angegebenen Art jedesmal von einem plötzlichen Sprunge der Temperatur begleitet war.

Nun war der Weg vorgezeichnet, um aus dem Auftreten von Wellen Schlüsse zu ziehen auf den Luftaustausch in den hohen Regionen der Atmosphäre. Die gemischten Schichten werden mittlere Temperaturen und Rotationsmomente erhalten, und ihre Gleichgewichtslage wird also näher gegen den Aequator hin liegen als die der kälteren in sie eingetretenen Schichten. Wo durch die absteigenden Massen die unten lagernden aus einander gedrängt werden, entstehen Anticyklone, wo sich Lücken durch aufsteigende Luftmassen bilden, Cyklone. Indem er nun noch eine andere dauernde Quelle von Winden, nämlich die Kühlung des Bodens an den Polen, einer Erörterung unterzieht, gelangt er zu dem Resultat, dass die hauptsächlichste Hemmung der Circulation unserer Atmosphäre, welche verhindert, dass dieselbe nicht ausserordentlich viel heftigere Winde erregt, als es thatsächlich der Fall ist, nicht sowohl in der Reibung an der Erdoberfläche als in der Vermischung verschieden

bewegter Luftschichten durch Wirbel gegeben ist, welche durch Aufrollung von Discontinuitätsflächen entstehen. Im Innern solcher Wirbel werden die ursprünglich getrennten Luftschichten in immer zahlreicheren und deshalb immer dünner werdenden Lagen spiralig um einander gewickelt, und es ist daher hier durch die ungeheuer ausgedehnte Berührungsfläche ein schneller Austausch der Temperatur und Ausgleich ihrer Bewegung durch Reibung möglich. Man erkennt auf diese Weise, wie es in der Luftmasse durch continuirlich wirkende Kräfte zur Bildung von Discontinuitätsflächen kommen kann.

Nachdem Helmholtz nachgewiesen, dass im Luftkreise regelmässig Zustände eintreten müssen, wo Schichten von verschiedener Dichtigkeit unmittelbar an einander grenzend über einander liegen, wobei die grössere Schwere der tiefer liegenden Schicht durch den geringeren Wärmegehalt und die geringere Umlaufsgeschwindigkeit bedingt ist, so werden wie immer, wenn eine leichtere Flüssigkeit über einer schwereren liegt, an der Grenze die Bedingungen für das Entstehen und die regelmässige Fortpflanzung von Wogen gegeben sein. Helmholtz wirft nun die Frage auf, welche anderen Unterschiede im Verhalten der Luft- und Wasserwellen sich ergeben, abgesehen davon, dass in dem einen Falle die Differenz der specifischen Gewichte viel grösser ist als in dem anderen. Die von ihm angestellten Rechnungen, in denen wieder nach dem Princip der mechanischen Aehnlichkeit aus dem Verhalten der Wasserwellen auf das der Luftwellen geschlossen wird, ergaben, dass bei den beobachteten Windstärken sich nicht nur kleine Wellen, sondern auch solche von mehreren Kilometern Wellenlänge bilden können, welche die unteren Luftschichten stark in Bewegung setzen und sogenanntes böiges Wetter, das sich in wiederholten Windstössen und Regengüssen zeigt, hervorbringen. Helmholtz giebt ein Zahlenbeispiel, in dem ein Luftstrom mit 10 m Geschwindigkeit pro Secunde über einen

10° kälteren Luftstrom hinwegstreicht, und findet, dass dann Wellen möglich sind, deren Wellenlänge 550 m beträgt. Es ist interessant, dass Emden bei einer Ballonfahrt mit einer Fahrgeschwindigkeit von 12,5 m pro Secunde, bei ruhender unterer Luftschicht, und bei einer beobachteten Temperaturdifferenz von 6,5°, also bei Temperatur- und Geschwindigkeitsdifferenzen ähnlich wie in dem Helmholtz'schen Beispiel, einen Abstand der Nebelrollen von 540 m gemessen, also eine fast vollständige Uebereinstimmung mit der Helmholtz'schen Rechnung gefunden hat. Diese Wellenbildungen in der Atmosphäre sind die häufigste Veranlassung zur Vermischung der atmosphärischen Schichten, und Helmholtz stellt sich deshalb die Aufgabe, die Theorie der Wellen an der gemeinsamen Grenzfläche zweier Flüssigkeiten zu bearbeiten.

Er betrachtet zunächst den speciellen Fall der Bewegung geradliniger Wellenzüge, welche an der ebenen Grenzfläche unendlich ausgedehnter Schichten zweier verschieden dichter Flüssigkeiten, die auch verschieden strömende Bewegung haben, sich in unveränderter Form und mit constanter Geschwindigkeit fortpflanzen. Da diese Wogen, auf ein Coordinatensystem bezogen, welches selbst mit den Wellen fortrückt, eine stationäre Bewegung der beiden Flüssigkeiten darstellen, so nennt sie Helmholtz stationäre Wogen. Unter der gemachten Annahme erscheint alsdann die Grenzfläche beider Medien als eine im Raume feste Fläche, in welcher das obere Medium in einer, das untere in entgegengesetzter Richtung strömt, während in grösserer Entfernung von der Grenzfläche beide Bewegungen in eine geradlinige Strömung von constanter Geschwindigkeit übergehen, in der Nähe der gewellten Grenzfläche dagegen der Richtung dieser folgen müssen. Er leitet nun mit Hülfe einfacher analytischer Betrachtungen her, dass, wenn das Verhältniss der Dichtigkeiten nicht geändert wird, in geometrisch ähnlichen Wellen die Lineardimensionen wie die

Quadrate der Geschwindigkeiten beider Medien wachsen, die letzteren somit in gleichem Verhältniss; während, wenn das Verhältniss der Dichtigkeiten geändert wird, das Verhältniss der lebendigen Kräfte entsprechender Volumeinheiten ungeändert bleiben muss. Daraus folgert nun Helmholtz, dass, da wir bei den am Erdboden vorkommenden mässigen Winden oft genug Wasserwellen von einem Meter Länge haben, dieselben Winde in die Luftschichten von 10° Temperaturdifferenz übersetzt, 2 bis 5 Kilometer Länge erhalten; dass ferner grösseren Meereswellen von 5 bis 10 m Luftwellen von 15 bis 30 km entsprechen können, die schon das ganze Firmament des Beschauers bedecken und den Wellen in seichtem Wasser zu vergleichen sind, die das Wasser am Grunde erheblich in Bewegung setzen. Alle diese Schlüsse zieht er aus einer Discussion der Integrale der oben bezeichneten hydrodynamischen Gleichungen.

Schliesslich stellt er sich noch die Aufgabe, die Energie der unter dem Einfluss von Wind erregten Wasserwellen zu untersuchen; er vergleicht sie mit derjenigen, welche den beiden bei ebener Grenzfläche mit derselben Geschwindigkeit gleichmässig fortströmenden Substanzen, Wasser und Luft, zukommen würde, und findet, dass eine grosse Zahl der möglichen stationären Wellenbewegungen einen geringeren Energievorrath erfordern als die entsprechende Strömung bei ebener Grenzfläche, so dass die Strömung bei einer solchen Grenzfläche sich den genannten Wellenbewegungen gegenüber wie ein Zustand des labilen Gleichgewichts verhält. Er zeigt, dass Wogen unter Wind möglich sind, die einen geringeren Energievorrath haben, als derselbe Wind über ebener Grenzfläche. Während also der Zustand der geradlinigen Strömung mit ebener Grenzfläche, wenn man nur die niederen Potenzen der kleinen Grössen berücksichtigt, als ein Zustand indifferenten Gleichgewichts erscheint, ist derselbe bei Berücksichtigung der Glieder höheren Grades, gewissen Störungen gegenüber, die stationären Wellen zwischen

bestimmten Grenzen der Wellenlänge entsprechen, ein Zustand labilen Gleichgewichts, kürzeren Wellen gegenüber entspricht er dagegen stabilem Gleichgewicht. Helmholtz folgert hieraus die in der Natur bestätigte Erscheinung, dass auch der gleichmässigste Wind über eine ebene Wasserfläche nicht wird fahren können, ohne bei der kleinsten Störung Wellen gewisser Länge aufzutreiben, die bei gewisser Höhe regelmässige Form und Fortpflanzung werden gewinnen können. Steigt der Wind, so werden die Höhen aller dieser Wellen steigen, die kürzeren unter ihnen schäumen und zerspritzen, neue längere von geringerer Höhe werden sich bilden können, brandend verspritzende Wogen in den Luftmassen werden Mischung der Schichten hervorbringen. Der Umstand, dass derselbe Wind Wellen von verschiedener Länge und Fortpflanzungsgeschwindigkeit erregen kann, wird bewirken, dass Interferenzen zwischen denselben zu Stande kommen und sich abwechselnd höhere und niedere Wellenberge folgen.

Wenn also verschieden dichte, mit ungleicher Geschwindigkeit strömende Luftschichten in scharf ausgeprägten Discontinuitätsflächen an einander grenzen, dann sind ähnliche Bedingungen gegeben, wie wenn der Wind über eine Wasseroberfläche streicht, und jene Trennungsfläche wird zur Bildung gewaltiger, paralleler, in Richtung der rascher bewegten Schicht vorwärts eilender Wellenzüge veranlasst. Diese Wellenbildung hat aber für die allgemeine Circulation der Atmosphäre eine grosse Bedeutung. Die Wärmemenge, welche die Atmosphäre in den äquatorialen Gegenden empfängt und in mächtiger Strömung in den oberen Schichten den Polen zuführt, muss auch der Erdoberfläche in mittleren Breiten zugeführt werden. Ein einfaches Niedersteigen jener oberen Schichten ist unmöglich, da durch Beibehaltung ihres Rotationsmomentes schon in niederen Breiten regelmässig Stürme von nicht beobachteter Heftigkeit auftreten würden. Auch ist der Coefficient der

Wärmeleitung und der Reibungscoefficient viel zu klein, als dass sich der Wärmegehalt, den Helmholtz später nach Bezold die potentielle Temperatur genannt hat, durch Leitung, die Rotationsmomente durch innere Reibung ausgleichen könnten. Es werden sich somit die am Aequator mit Energie versehenen, nach dem Pol strömenden Luftmassen in immer neu sich bildenden Discontinuitätsflächen von den unteren an Energie ärmeren, zurück zu dem Aequator strömenden Luftmassen absondern. Die immer mächtiger sich ausbildenden und steiler werdenden Wellen werden wie Wasserwellen überhängen und branden, und an Stelle jedes Wirbelzuges wird sich ein gewaltiger, horizontal gelagerter Wirbel bilden, indem sich schliesslich die beiden Luftschichten mischen. Das Aufrollen der Discontinuitätsflächen bewirkt stetige Uebergänge in Bezug auf das Rotationsmoment und den Wärmegehalt.

Als Helmholtz den zweiten Theil seiner meteorologischen Untersuchungen Ende Juli in der Akademie vortrug, fanden ihn seine Collegen schon in tief gedrückter Stimmung, Kummer und Sorge lasteten schwer auf seiner Familie. Während es immer mehr zur Gewissheit wurde, dass die körperlichen Leiden auch die geistige Entwickelung seines Sohnes Fritz dauernd hemmen würden, hatten wenigstens zeitweise die Beschwerden des älteren Sohnes Robert einen Stillstand erfahren, und die Eltern gaben sich der Hoffnung hin, dass ihm noch eine längere Lebenszeit beschieden sein könnte. Seine wissenschaftlichen Arbeiten hatten die grösste Anerkennung gefunden, durch seine geistvolle Heiterkeit war er stets ein belebendes Element im Hause gewesen, ein grosser Kreis ausgezeichneter junger Freunde umgab ihn und brachte mittelbar dem Helmholtz'schen Hause „den Sonnenschein jugendlicher Unmittelbarkeit“.

„Wenn Robert Helmholtz“, schreibt der Assyriologe Professor Lehmann in Berlin, „seinen Freunden allezeit

als ein schwer erreichbares Vorbild vor Augen gestanden, so hatte die innere Wahrhaftigkeit seiner ganzen Persönlichkeit daran einen wesentlichen, wenn nicht den ersten Antheil. Ein hervorragender Zug im Wesen beider Eltern, war sie auf den Sohn übergegangen. An die Mutter, deren Züge er trug, erinnerte die erfrischende, nie verletzende Unmittelbarkeit der freundschaftlichen Missbilligung wie der erfreuten Anerkennung. Bei dem Vater hatte sich die Grösse der wissenschaftlichen Wahrhaftigkeit auch auf die ganze Beurtheilung menschlicher Verhältnisse übertragen, so dass seine Frau mit Recht sagen konnte „Wer naturwissenschaftlich nicht streng und unerbittlich ehrlich bis zu Ende denkt und folgert, dem traut mein Mann nicht, der ist ihm unverständlich“ — und diese ins Leben übertragene Wahrhaftigkeit wird man auch Robert zusprechen müssen. . . . . Der ausserordentlich knappe und prägnante Stil, wie er sich in seinen Schriften und Briefen ausspricht, ist nach seines Vaters Urtheil ebenfalls durch Rücksicht auf seine Kräfte gefördert worden. „Es schien“, sagte Helmholtz einmal, „als sei es ihm darauf angekommen, die einzelnen Worte zu sparen.“ Robert's Energie steigerte sich da, wo es galt, dem Körper zum Trotz seine ungewöhnlichen Anlagen in unermüdlicher Forscherarbeit zu bethätigen. . . . Sein Vater sah gewiss recht, wenn er nach Robert's Tode äusserte, er habe wohl geahnt, dass ihm nur noch kurze Zeit gegönnt sei, und möglichst viel abzuschliessen gesucht. . . . Zu des Vaters Grösse blickte er bewundernd empor, klar erkennend und rückhaltlos äussernd, dass sie etwas Unerreichbares sei. „Wir Durchschnittsmenschen können uns mit dem Genie nicht vergleichen — wir haben einen ganz anderen Maassstab. . . .“ Vielleicht ist nichts für Robert als Freund bezeichnender, als dass er eigene Gebrechlichkeit oder Krankheit nur dann erwähnte, wenn es galt, einem weniger leidensgewohnten und ungeduldigen Freunde Muth zuzusprechen. . . .“

Noch bis in das Frühjahr 1889 hinein war er mit den schwierigsten experimentellen Untersuchungen beschäftigt, seine Preisarbeit „Ueber die Licht- und Wärmestrahlung verbrennender Gase“ wurde von dem Verein für Gewerbfleiss in Berlin mit dem ausgesetzten Preise von 5000 Mark und einer Medaille gekrönt, und noch in den ersten Sommermonaten betrieb er in Bonn und Berlin gemeinsam mit Richarz grössere experimentelle Studien, als plötzlich der von seiner Geburt an schwächliche Körper zusammenbrach. Eben war er noch ohne Wissen des Vaters zu dessen freudigster Ueberraschung zum Assistenten an der Reichsanstalt ernannt worden, da versagten die Körperkräfte; noch auf dem letzten Krankenbette bereitete er die Publication seiner Preisarbeit vor — er starb am 5. August. Die einleitenden Worte zu der von Helmholtz nach dem Tode seines Sohnes herausgegebenen Preisarbeit lauteten:

„Als die ersten Correcturbogen des nachfolgenden Aufsatzes ankamen, lag der Verfasser schon auf seinem Sterbebett. Mir, als seinem Vater, ist also die traurige Pflicht zugefallen, die Drucklegung zu überwachen. Er hatte gehofft, die letzte Hälfte des Aufsatzes noch durchzuarbeiten und zu vervollständigen, und hatte schon Versuche mit einigen anderen Brennstoffen ausgeführt. Auch ist manches nicht ganz fertig, weil die Frist, die der Preisbewerbung gesetzt war, zwang, sich bei einigen Punkten mit vorläufigen Bestimmungen zu beruhigen, die bei reichlicherer Zeit sorgfältiger und sicherer hätten ausgeführt werden können; hieran lässt sich nun nichts mehr ändern. Auch kenne ich seine Absichten in dieser Beziehung nicht genau genug, denn er pflegte ganz selbständig zu arbeiten und holte sich selten bei mir Rath. Erst wenn er die Sachen zu Papier gebracht hatte, pflegte er sie mir zu zeigen und mit mir darüber zu sprechen. Meine Sorge musste sich also auf Aenderungen sichtlicher Fehler des Abschreibers beschränken, beziehlich einzelner Undeutlichkeiten der Darstellung, von

denen ich annehmen kann, dass der Verfasser sie selbst beim Durchsehen der Druckbogen in ähnlicher Weise geändert haben würde."

Der Verlust des Sohnes wirkte wahrhaft betäubend auf die schwer geprüften Eltern.

„An seinem Bette standen wir Alle", schreibt die Mutter, „mit dem Bewusstsein, dass unser bestes Theil mit ihm dahingeht; das hohe Wollen, das Nie-Rasten oder Schlaffwerden, die männliche Energie und der reine liebe Kindersinn — sie alle sind fort — das Höchste von sich verlangen, trotz aller Hindernisse nur Gutes und Schönes anstreben — wer von uns thut es ihm nach?"

Völlig gebrochen eilt Helmholtz in der Mitte des August in die Schweiz, um Körper und Geist durch neue Eindrücke zu erfrischen.

„ . . . Schreibe nicht zu viel", schreibt er von München aus seiner Frau, „und suche zu schlafen, soviel Du kannst bei Tage und bei Nacht; da wir beide noch Arbeit auf der Welt haben und uns noch nicht hinlegen dürfen, um sie aufzugeben, so müssen wir schon auch noch sorgen, dass wir brauchbar bleiben. Fritz dürfen wir noch nicht verlassen, aber zunächst ist mir die Zukunft fürchterlich indifferent geworden. Meine Arbeit werde ich noch thun, aber ob sie lange dauert oder kurz, fängt an, mir gleichgültig zu werden."

In Pontresina wirkt, wie seine Briefe zeigen, die Natur wieder belebend auf ihn ein, er macht grosse Spaziergänge, besteigt den Piz Languard, den er seit vier Jahren gescheut, und beginnt auch wieder seinen Geist mit verschiedenen und äusserst schwierigen Problemen zu beschäftigen. Am Ende des September reiste er nach Heidelberg zur Naturforscherversammlung, auf welcher Hertz die durch ihre Einfachheit und Klarheit, wie durch die Tiefe ihres Inhalts so berühmt gewordene Rede hielt.

„Ich traf mit der ganzen Familie Siemens und mit

Edison und Frau gleich am ersten Abend im Schlossgarten zusammen. Mr. Edison — ein bartloses, Napoleon I. etwas ähnliches, nur viel gutmüthiger und fast kindlich aussehendes Gesicht mit sehr klugen Augen, aber recht harthörig. Er berichtete uns auf unsere Fragen viel über seine Art zu arbeiten, was sehr interessant war. Heute Vortrag von Professor Hertz, der wirklich aussergewöhnlich gut, auch in der Form sehr vollendet, tactvoll und geschmackvoll war und einen Sturm von Beifall hervorrief...“

Wie Helmholtz ein Vierteljahrhundert früher in der Aula der Heidelberger Universität Kirchhoff als Prorector in seiner ausgezeichneten Rede hatte hervorheben hören, dass die Entdeckung und consequente Durchführung des Princips der Erhaltung der Kraft die grösste Errungenschaft des Jahrhunderts auf dem Gebiete der Naturwissenschaften sei, so war er auch jetzt auf der ersten Reihe der Zuhörer bei der Rede seines grossen Schülers Hertz zu sehen, welcher auf dem Boden der früher von Helmholtz gegebenen Kritik der verschiedenen elektrodynamischen Theorien stehend, sich dessen Anschauungen von der Bedeutung der Faraday-Maxwell'schen Hypothese zugewandt und so zu seinen fundamentalen Entdeckungen gelangt war.

„... Als im gegenwärtigen Jahrhundert die Wechselwirkungen zwischen elektrischen Strömen und Magneten hinzukamen, welche unendlich viel mannigfaltiger sind als bei der Gravitation, in welchen die Bewegung, die Zeit eine so grosse Rolle spielt, wurde man gezwungen, die Zahl der Fernwirkungen zu vermehren, an ihrer Form herumzubessern. Dabei ging die Einfachheit, die physikalische Wahrscheinlichkeit mehr und mehr verloren. Durch das Aufsuchen umfassender einfacher Formen, sogenannter Elementargesetze, suchte man diese wieder zu erlangen. Das berühmte Weber'sche Gesetz ist der wichtigste Versuch dieser Art. Man mag über die Richtigkeit desselben denken,

wie man will, die Gesammtheit dieser Bestrebungen bildete ein in sich geschlossenes System voll wissenschaftlichen Reizes; wer einmal in den Zauberkreis desselben hineingerathen war, blieb in demselben gefangen. War der eingeschlagene Weg gleichwohl eine falsche Fährte, so konnte Warnung nur kommen von einem Geiste von grosser Frische, der wie von Neuem den Erscheinungen unbefangen entgegen trat, der wieder ausging von dem, was er sah, nicht von dem, was er gehört, gelernt, gelesen hatte. Ein solcher Geist war Faraday. Die elektrischen und magnetischen Kräfte selber wurden ihm das Vorhandene, das Wirkliche, das Greifbare, die Elektricität, der Magnetismus wurden ihm Dinge, über deren Vorhandensein man streiten kann . . ."

Hertz hat es mit Absicht vermieden, in seiner Rede den Namen Helmholtz zu erwähnen — er fühlte tactvoll, dass der anwesende Meister seines Lobes nicht bedürfe. Als aber noch an demselben Tage in meinem Hause all' die ausgezeichneten Physiker wie Helmholtz, Hertz, G. Wiedemann, Kundt, Paalzow, der Botaniker Pringsheim und einige mathematische Freunde einige Stunden gesellig vereint waren, und ich in einigen Worten seine herrliche Rede rühmte und ihn den nächst Helmholtz grössten Physiker der Gegenwart nannte, da erhob er sich in seiner bescheidenen Weise und pries — sonst bei solchen Gelegenheiten wenig redegewandt — in überaus beredten Worten Helmholtz als den grössten Physiker aller Zeiten und bemühte sich, seine eigenen grossen Entdeckungen nur als den Ausfluss Helmholtz'scher Ideen darzustellen. Auf die Frage, weshalb er denn in seiner Rede nicht offen bekannt habe, dass er auch die Attractionskraft als Fernwirkung zu beseitigen wünsche, antwortete er verlegen: „Ich bin noch zu feige dazu."

Am 9. März 1890 richtet Helmholtz an den Staatsminister Bötticher nachfolgendes Schreiben:

„Ew. Excellenz erlaube ich mir das gehorsamste Gesuch vorzutragen, mir vom 20. März bis 23. April Urlaub zu einer Reise an die Riviera ertheilen zu wollen. Ich befolge bei dieser Reise allerdings auch private Zwecke, nämlich die Zurückbegleitung meiner Frau, Tochter und Enkel, die dort den Winter zugebracht haben. Aber die fünfwöchentliche Dauer des erbetenen Urlaubs ist dadurch bedingt, dass ich die Gelegenheit benutzen möchte zur Anstellung einiger wissenschaftlichen Beobachtungen über das Verhalten der Meereswogen, die mir zur Prüfung der Richtigkeit einiger neuer theoretisch gefundener Sätze über die Wechselwirkung zwischen Wind und Wogen wünschenswerth erscheinen. Ich habe einen Theil derselben, welche bemerkenswerthe Folgerungen für die Meteorologie ergeben, schon unter dem 25. Juli v. J. der Akademie der Wissenschaften zu Berlin mitgetheilt. Dass dieselben auch für die Theorie der Nautik nützliche Ergebnisse haben werden, erscheint wahrscheinlich. Ich bedarf aber nun einiger orientirender Beobachtungen, um meine theoretischen Sätze an den thatsächlichen Verhältnissen zu prüfen oder wenigstens zu ermitteln, welche Beobachtungen darüber an Küstenstationen angestellt werden könnten, um die betreffenden Fragen zu entscheiden. Ich glaube die genannten Beobachtungen am besten an einer steilen Küste machen zu können, die einen weiten Ueberblick über die Wogenzüge eines tieferen Meeres erlaubt. Da ich hierbei von der Gunst der Witterung abhänge, durfte ich die Zeit nicht zu knapp bemessen. . . . .“

Nach bereitwilligst ertheiltem Urlaub ging er im April an das Cap d'Antibes und legte die Resultate seiner theoretischen Ueberlegungen und Vergleichungen mit den Beobachtungen der Berliner Akademie am 17. Juli 1890 unter dem Titel „Die Energie der Wogen und des Windes“ als eine Fortsetzung und Ergänzung seiner beiden früheren Arbeiten über atmosphärische Bewegungen vor.

Helmholtz hatte in seinen früheren Untersuchungen gezeigt, dass eine ebene Wasserfläche, über die ein gleichmässiger Wind hinfährt, sich in einem Zustande labilen Gleichgewichts befindet, und dass die Entstehung der Wasserwogen wesentlich diesem Umstande zuzuschreiben ist; dass ferner der gleiche Vorgang sich auch an der Grenze verschieden schwerer und an einander entlang gleitender Luftschichten wiederholen muss, hier aber viel grössere Dimensionen annimmt und bei den unregelmässig eintretenden meteorologischen Erscheinungen eine wesentlich ursächliche Bedeutung hat. Dies bestimmt ihn nun, in der Arbeit über die Energie der Wogen und des Windes die Verhältnisse der Energie und ihre Vertheilung zwischen Luft und Wasser noch genauer zu untersuchen, jedoch mit Beibehaltung der Beschränkung auf stationäre Wellen, bei denen die Bewegungen der Wassertheilchen nur parallel einer senkrechten Ebene vor sich gehen. Er führte die Gesetze der stationären geradlinigen Wellen auf ein Minimalproblem zurück, in welchem die potentielle und actuelle Energie der bewegten Flüssigkeiten die zu variirenden Grössen bilden, und konnte Folgerungen über das Abnehmen und Zunehmen der Energie und die Unterschiede stabilen und labilen Gleichgewichts der Wasserfläche herleiten. Es handelt sich hierbei um den Unterschied dieses Gleichgewichtszustandes nicht mehr von ruhenden, sondern von dauernd, aber stationär bewegten Massen.

Ein allgemeines Princip, wie es für ruhende Körper in der Forderung gegeben ist, dass das stabile Gleichgewicht ein Minimum der potentiellen Energie verlangt, war für bewegte Systeme bis dahin nicht aufgestellt worden. Helmholtz findet für stationäre Wellen bei constant bleibenden Strömungsmengen den Minimalsatz in der Form, dass die Variation der Differenz der potentiellen Energie und der lebendigen Kraft verschwindet, so dass stabiles Gleichgewicht einer stationären Wellenform bei allen möglichen Variationen

einer solchen Form einem Minimum jener Differenz entspricht. Wenn dagegen dieselbe Grösse bei einer anderen Curvengestalt zu einem Maximum oder Sattelwerthe wird, so ist die Bedingung der Gleichheit des Druckes beiderseits der Grenzfläche allerdings augenblicklich erfüllt, aber alle kleinsten Störungen der Gleichgewichtsgestalt werden anwachsen müssen, und das Gleichgewicht wird labil werden, was sich bei wirklichen Wasserwellen im Schäumen und Branden der Wellenkämme zu erkennen giebt. Bei Vergrösserung der Windstärke und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen gegen das Wasser wird schliesslich das absolute Minimum zu existiren aufhören, und das Gleichgewicht labil werden, so dass bei steigenden Strömungen stationäre Wellen gegebener Wellenlänge unmöglich werden. Es sind somit stationäre Wellen von vorgeschriebener Wellenlänge nur für Strömungsgeschwindigkeiten möglich, die unterhalb gewisser Grenzen liegen, aber das Gebiet der Werthe ist auch in der Richtung der kleineren Werthe hin beschränkt. Die eine Strömungsgeschwindigkeit bestimmt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen gegen das Wasser, die andere die Geschwindigkeit des Windes relativ zu den Wellen. Durch Anwendung der gefundenen analytischen Ausdrücke ergiebt sich mit der Erfahrung übereinstimmend, dass gleichbleibend starker Wind, der eine ruhige Wasserfläche trifft, schneller laufende, d. h. längere oder höhere Wellen erzeugen kann, wenn er längere Zeit auf die erst entstandenen Wellen gewirkt und diese auf einem längeren Wege über die Wasserfläche begleitet hat; die Wellen können unter gleichbleibendem Winde nur wachsen, wenn der Wind schneller in derselben Richtung vorwärts geht, als sie selbst. Durch Beobachtungen, die er auf dem Cap d'Antibes im April mittelst eines kleinen tragbaren Anemometers zur Messung der Windstärke anstellte, fand er im Allgemeinen eine Bestätigung des aus der Theorie hergeleiteten Satzes, dass,

so lange der Wind den Wellen noch voreilt, er den Energievorrath und das Bewegungsmoment der Wellen weiter steigert; so lange noch die für ruhende Wellen berechnete Energie abnehmen und ein noch tieferes Minimum bilden kann, wird auch die Neigung mitwirken, unter der Einwirkung aller der kleinen Störungen, welche die mitlaufenden anderen Wellen in den Fällen der Wirklichkeit erzeugen, der Form geringster Energie zuzustreben. Diese wird endlich an den Sattelwerth und zum Zerschäumen der Oberkante führen, falls dies bei der gegebenen Windgeschwindigkeit erreicht werden kann.

Am 7. Mai 1890 wählte der Senat der Universität Berlin Helmholtz einstimmig zu seinem Vertreter bei der Feier des 600jährigen Stiftungsfestes der Universität von Montpellier, obgleich dieser darauf aufmerksam machte, dass er keine unbedingte Annahme dieses Mandats aussprechen könne, da er dazu noch die Genehmigung des Staatsminister von Bötticher brauche; sein Vorschlag auf Wahl eines Anderen oder gleichzeitige Bezeichnung eines eventuellen Stellvertreters wurde vom Senat abgelehnt. Nachdem er den nachgesuchten Urlaub erhalten, reiste er in der Mitte des Mai nach Montpellier und erstattet später dem Minister auf dessen Aufforderung eingehenden Bericht über die gewonnenen Eindrücke. Ueber die Worte, mit denen er auf den bei dem Festmahl auf ihn ausgebrachten Toast erwiderte, berichtet er selbst:

„Indem ich in meiner Antwort zunächst dafür dankte, dass man meiner doch schon 20 Jahre zurückliegenden physiologischen Arbeiten noch so anerkennend gedenke, sei mir diese Anerkennung hier in Montpellier um so ehrenvoller, als ursprünglich die hiesige Schule der letzte und stärkste Halt der conservativen Partei in der Medicin gewesen sei und sie die junge physiologische Schule J. Müller's in Berlin, der ich selbst angehörte, für die radicalste Linke habe ansehen müssen. Das heutige Fest zeige mir, wie

sehr die theoretischen Gegensätze auf beiden Seiten unter dem Einfluss der richtigen naturwissenschaftlichen Methode verschwunden seien. Diese einigende Kraft der Wissenschaft aber habe viel allgemeinere und umfassendere Bedeutung. Keiner von uns könne wissenschaftlich arbeiten und irgend ein werthvolles Ergebniss erreichen, ohne dass der Vortheil davon nicht bloss seiner Nation, sondern bald auch der ganzen civilisirten Menschheit zufliesse. Die sämmtlichen Nationen, die an der Arbeit der Wissenschaft Theil nehmen, hätten ein gemeinsames Arbeitsfeld und unterstützten sich nothwendig gegenseitig. Diese Erkenntniss werde am Ende doch durchdringen und ein befreundetes Verhältniss darstellen müssen.“ Riesiger Beifallssturm. „Ich hatte den Eindruck, dass ich die innersten Empfindungen der Zuhörer besser getroffen hatte, als ich selbst geahnt. . . . Ich schloss dann mit dem Hinweis, dass die Medicin es namentlich sei, die diesen friedenstiftenden Beruf der Wissenschaft schon längst ausübe und vor die Augen der Welt bringe, selbst in den Augenblicken hocherregter Leidenschaft im Kriege, und schloss mit einem Hoch auf die einigende Kraft der Wissenschaft.“

Die Arbeiten an der Reichsanstalt nehmen nun Helmholtz in hohem Grade in Anspruch; am 13. December 1890 gab er eine „Denkschrift über die bisherige Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt“ heraus, die, zur Kenntnissnahme durch den Reichstag bestimmt, Zeugniss davon ablegt, mit welchem Eifer und welcher Thatkraft er auch in dieser Stellung allen Anforderungen zu genügen vermochte. Die physikalische Abtheilung der Denkschrift umfasst thermometrische Fundamentalarbeiten, Capillarabweichungen, barometrische Untersuchungen, Ausdehnungsbestimmungen und grundlegende elektrische Arbeiten; die technische Abtheilung beschäftigte sich mit der Prüfung ärztlicher Thermometer, deren nahezu 25 000 in den drei Jahren des Bestehens der Reichsanstalt von dieser unter-

sucht und gestempelt worden waren, Thermometer für wissenschaftliche Arbeiten, auf Herstellung einer unveränderlichen Einheit gerichteten photometrischen Arbeiten, Erzeugung von Normal-Stimmgabeln und einer endlosen Reihe anderer technischer Aufgaben.

„Bedarf es mehr“, sagt du Bois, „um das Irrthümliche der Meinung ins Licht zu stellen, dass er durch die ruhige und gleichmässige Natur seiner Berufsarbeiten in seiner productiven Thätigkeit begünstigt gewesen sei?“

Zu gleicher Zeit betheiligte er sich als Mitglied der von dem preussischen Unterrichtsminister einberufenen Commission an den Verhandlungen über Fragen des höheren Unterrichts, und im folgenden Jahre wurden seine „Bemerkungen über die Vorbildung zum akademischen Studium“ veröffentlicht. Als ich ihn schon im October 1888 auf Wunsch eines Collegen anfragte, ob er die damals in Gelehrtenkreisen circulirende Erklärung zu Gunsten der Gymnasien unterschreiben wolle, antwortete er mir:

„Ich beabsichtige die Erklärung nicht zu unterschreiben. Erstens liebe ich überhaupt nicht solche öffentliche Erklärungen von Privatleuten, die, soweit ich gesehen, immer vollkommen fruchtlos verlaufen, zweitens glaube ich allerdings, dass unsere Gymnasien sich in eine falsche Richtung verlaufen haben, wenn ich auch das Griechische in unseren Schulen ersten Ranges nicht gestrichen zu sehen wünsche. Aber ich finde mich nicht veranlasst, durch eine freiwillig und spontan abgegebene Erklärung, ohne berufsmässige Veranlassung für die jetzige Richtung der Gymnasial-Philologie in die Schranken zu treten, ohne dabei gleichzeitig zu sagen, was ich gegen sie auf dem Herzen habe.“

Er kennzeichnet seinen Standpunkt in diesen Fragen, übereinstimmend mit den in seiner Heidelberger Rectoratsrede vertretenen Anschauungen, mit den schönen, für den grossen Forscher charakteristischen Worten:

„Der bisherige Bildungsgang der civilisirten Nationen

hat seinen Mittelpunkt im Studium der Sprache gehabt. Die Sprache ist das grosse Werkzeug, durch dessen Besitz sich der Mensch von den Thieren am Wesentlichsten unterscheidet, durch dessen Gebrauch es ihm möglich wird, die Erfahrungen und Kenntnisse der gleichzeitig lebenden Individuen, wie die der vergangenen Generationen, jedem Einzelnen zur Verfügung zu stellen, ohne welches ein Jeder, wie das Thier, auf seinen Instinct und seine eigene einzelne Erfahrung beschränkt bleiben würde. Dass Ausbildung der Sprache einst die erste und nothwendigste Arbeit der heranwachsenden Volksstämme war, so wie noch jetzt die möglichst verfeinerte Ausbildung ihres Verständnisses und ihres Gebrauchs die Hauptaufgabe der Erziehung jedes einzelnen Individuums ist und immer bleiben wird, versteht sich von selbst. Ganz besonders eng knüpft sich die Cultur der modernen europäischen Nationen geschichtlich an das Studium der classischen Überlieferungen, und dadurch unmittelbar an das Sprachstudium an. Mit dem Sprachstudium hing zusammen das Studium der Denkformen, die sich in der Sprache ausprägen. Logik und Grammatik, das heisst nach der ursprünglichen Bedeutung dieser Worte, die Kunst zu sprechen und die Kunst zu schreiben, beide im höchsten Sinne genommen, waren daher die natürlichen Angelpunkte der bisherigen geistigen Bildung.

Wenn nun auch die Sprache das Mittel ist, die einmal erkannte Wahrheit zu überliefern und zu bewahren, so dürfen wir doch nicht vergessen, dass ihr Studium Nichts davon lehrt, wie neue Wahrheit zu finden sei. Dem entsprechend zeigt die Logik wohl, wie aus dem allgemeinen Satze, der den Major eines Schlusses bildet, Folgerungen zu ziehen seien; wo aber ein solcher Satz herkomme, darüber weiss sie nichts zu berichten. Wer sich von seiner Wahrheit selbständig überzeugen will, der muss umgekehrt mit der Kenntniss der Einzelfälle beginnen, die unter das Gesetz gehören, und die später, wenn dieses festgestellt ist, freilich

auch als Folgerungen aus dem Gesetze aufgefasst werden können. Nur wenn die Kenntniss des Gesetzes eine überlieferte ist, geht sie wirklich der der Kenntniss der Folgerungen voraus, und in solchem Falle gewinnen dann die Vorschriften der alten formalen Logik ihre unverkennbare praktische Bedeutung.

Alle diese Studien führen uns also nicht selbst an die eigentliche Quelle des Wissens, stellen uns nicht der Wirklichkeit gegenüber, von der wir zu wissen verlangen. Es liegt sogar eine unverkennbare Gefahr darin, dass dem Einzelnen vorzugsweise solches Wissen überliefert wird, von dessen Ursprung er keine eigene Anschauung hat. Die vergleichende Mythologie und die Kritik der metaphysischen Systeme wissen viel davon zu erzählen, wie bildlicher Wortausdruck später in eigentlicher Bedeutung genommen und als uranfängliche geheimnissvolle Weisheit gepriesen worden ist.

Also bei aller Anerkennung der hohen Bedeutung, welche die fein durchgearbeitete Kunst, das erworbene Wissen Anderen zu überliefern, und wiederum von Anderen solche Ueberlieferung zu empfangen, für die geistige Entwickelung des Menschengeschlechts hat, und bei aller Anerkennung der Wichtigkeit, welche der Inhalt der classischen Schriften für die Ausbildung des sittlichen und ästhetischen Gefühls, für die Entwickelung einer anschaulichen Kenntniss menschlicher Empfindungen, Vorstellungskreise, Culturzustände hat, müssen wir doch hervorheben, dass ein wichtiges Moment dem ausschliesslich literarisch-logischen Bildungswege abgeht. Dies ist die methodische Schulung derjenigen Thätigkeit, durch welche wir das ungeordnete, vom wilden Zufall scheinbar mehr als von Vernunft beherrschte Material, das in der wirklichen Welt uns entgegentritt, dem ordnenden Begriffe unterwerfen und dadurch auch zum sprachlichen Ausdrucke fähig machen. Eine solche Kunst der Beobachtung und des Versuchs finden wir bis jetzt fast nur in den

Naturwissenschaften methodisch entwickelt; die Hoffnung, dass auch die Psychologie der Individuen und der Völker, nebst den auf sie zu basirenden praktischen Wissenschaften der Erziehung, der gesellschaftlichen und staatlichen Ordnung zum gleichen Ziele gelangen werde, scheint sich vorläufig nur auf eine ferne Zukunft richten zu dürfen.

Diese neue Aufgabe, von der naturwissenschaftlichen Forschung auf neuen Wegen verfolgt, hat schnell genug neue, in ihrer Art unerhörte Erfolge gehabt, ein Beweis dafür, welcher Leistungen das menschliche Denken fähig ist, wo dasselbe den ganzen Weg von den Thatsachen bis zur vollendeten Kenntniss des Gesetzes unter günstigen Bedingungen, seiner selbst bewusst und selbst alles prüfend zurücklegen kann. Die einfacheren Verhältnisse, namentlich der unorganischen Natur, erlauben eine so eindringende und genaue Kenntniss ihrer Gesetze zu erlangen, eine so weit reichende Deduction der aus diesen fliessenden Folgerungen auszuführen, und diese wiederum durch so genaue Vergleichung mit der Wirklichkeit zu prüfen und zu bewahrheiten, dass mit der systematischen Entfaltung solcher Begriffsbildungen (z. B. mit der Herleitung der astronomischen Erscheinungen aus dem Gesetze der Gravitation) kaum ein anderes menschliches Gedankengebäude in Bezug auf Folgerichtigkeit, Sicherheit, Genauigkeit und Fruchtbarkeit zugleich möchte verglichen werden können.

Ich erinnere an diese Verhältnisse hier nur, um hervorzuheben, in welchem Sinne die Naturwissenschaften ein neues und wesentliches Element der menschlichen Bildung von unzerstörbarer Bedeutung auch für alle weitere Entwickelung derselben in der Zukunft sind, und dass eine volle Bildung des einzelnen Menschen, wie der Nationen, nicht mehr ohne eine Vereinigung der bisherigen literarisch-logischen und der neuen naturwissenschaftlichen Richtung möglich sein wird.

Nun ist die Mehrzahl der Gebildeten bisher nur auf

dem alten Wege unterrichtet worden und ist fast gar nicht in Berührung mit der naturwissenschaftlichen Gedankenarbeit gekommen, höchstens ein wenig mit der Mathematik. Männer von diesem Bildungsgange sind es vorzugsweise, die unsere Staaten lenken, unsere Kinder erziehen, Ehrfurcht vor der sittlichen Ordnung aufrecht halten, und die Schätze des Wissens und der Weisheit unserer Vorfahren aufbewahren. Dieselben sind es nun auch, welche die Aenderungen im Gange der Bildung der neu aufwachsenden Generationen organisiren müssen, wo solche Aenderungen nöthig sind. Sie müssen dazu ermuthigt oder gedrängt werden durch die öffentliche Meinung der urtheilsfähigen Classen des ganzen Volkes, der Männer wie der Frauen."

Trotz all der ihm obliegenden Beschäftigungen arbeitete er an seinen schwierigen mathematisch-mechanischen Problemen weiter, veröffentlichte jedoch in dem folgenden Jahre nur einige Ergänzungen zu seinen früheren optischen Untersuchungen.

Die Herausgabe der neuen Auflage seiner physiologischen Optik hatte ihn zu einigen höchst interessanten Arbeiten geführt, von denen die erste unter dem Titel „Versuch einer erweiterten Anwendung des Fechner'schen Gesetzes im Farbensystem" im Jahre 1891 in der Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane erschien. Er geht von der Ueberlegung aus, dass die Gesammtheit der von unserem Auge empfundenen Farben eine dreifache Mannigfaltigkeit sei gerade so wie der Ort im Raume, und dass darauf das Newton'sche Mischungsgesetz der Farben beruht, indem wir die der Anschauung weniger zugänglichen Verhältnisse der Farben auf Zusammenfügung von geometrischen Strecken und Schwerpunktsconstructionen übertragen. Wie man nun im Raume zur Bestimmung eines Ortes die verschiedenartigsten messbaren Raumgrössen benutzen kann, so kann man auch sehr verschiedenartige Grössen benutzen, um eine Farbe zu definiren. Zum Zwecke

einer directen Ausmessung des Gebietes der Empfindungen hat Fechner sich auf die Aenderung der Lichtstärken bei ungeänderter Mischung des Lichtes beschränkt, während noch Untersuchungen hinzutreten müssen über die Grösse der unterscheidbaren Abstufungen in den Farbentönen und in der Sättigung der Farben ohne oder auch mit gleichzeitiger Aenderung der Helligkeit, sowie über die Abhängigkeit dieser Abstufungen von den physikalisch definirbaren Veränderungen des erregenden Lichtes. Helmholtz bezeichnet seine Mittheilungen selbst als Hypothesen, die erst genauer geprüft werden müssen, glaubt jedoch, dass ein solcher Versuch gemacht werden muss, um die erste Orientirung in einem neuen Gebiete zu gewinnen.

Wenn man zwei etwas verschieden gefärbte Lichter ihrer Helligkeit nach mit einander vergleicht, so gelangt man bei allmählicher Veränderung der Lichtstärke des einen von ihnen zu einer Einstellung, bei welcher der wahrnehmbare Farbenunterschied ein Minimum der Deutlichkeit erreicht; das Verhältniss der Lichtstärken, welches dieser Einstellung entspricht, wird dann als das Verhältniss gleicher Helligkeit betrachtet. Helmholtz stellt sich nun die Aufgabe, diese Einstellung auf das Minimum der Erkennbarkeit des Unterschiedes bei einer Reihe von Mischfarben, die aus denselben Farbenelementen durch Mischung auf der Farbenscheibe erhalten werden, durchzuführen. Er fand zunächst, dass die Wirkung eines Zusatzes einer Farbe auf die Helligkeit wesentlich durch den schon vorhandenen Vorrath dieser selben Farbe in der Mischung geschwächt wird; es folgt aus den Versuchen, dass, wenn wir von einer sehr gesättigten Farbe ausgehend, eine Reihe gleich heller gemischter Farben suchen, indem wir immer nur zwei sehr nahe Glieder der Reihe mit einander vergleichen, das gesammte Quantum des gemischten Lichtes in der Reihe solcher Farben nicht unverändert bleiben kann; von möglichst gesättigtem Roth anfangend,

werden wir also durch Wegnahme eines kleinen Quantums Roth die Helligkeit viel weniger schwächen, als wir durch den Zusatz eines gleichen Quantums Blau sie verstärken. Die so vollzogene Vergleichung zweier nahehin gleicher, sehr gesättigter Farben unterscheidet sich wesentlich von dem Falle, wo die Helligkeit zweier sehr verschieden gefärbter Felder verglichen wird. Eine grosse Reihe von Versuchen führte zunächst zu dem Ergebniss, dass durch das gleichzeitige Vorhandensein einer zweiten stark abweichenden Farbe im Felde die Erkennbarkeit kleiner Abstufungen der Intensität farbigen Lichtes viel weniger beeinträchtigt wird, als durch das Vorhandensein eines gleich hellen Quantums derselben Farbe. Die weitere durch scharfsinnige mathematische Ueberlegungen unterstützte Untersuchung beschäftigt sich mit der Frage, ob man das Fechner'sche Gesetz den Erscheinungen gegenüber überall in dem Sinne durchführen könne, dass man die Grösse der Empfindungsstufe für jede Grundfarbe nur von der Menge der vorhandenen gleichartigen Farbe abhängig annimmt, sie dagegen als unabhängig betrachtet von den Mengen der gleichzeitig das Feld deckenden anderen Grundfarben.

Die Philosophie ist kein mathematischer Lehrsatz, sagte Fechner, der entweder wahr oder falsch sein müsse; von diesem Standpunkte aus muss man auch sein psychophysisches Gesetz betrachten, wenn er es den Uebergang von der äusseren in die innere Psychophysik vermitteln lässt; aber das Gesetz, auf die Erscheinungen der Optik angewandt, ist ein leitendes Princip in diesem Zweige der Physik geworden und auch von Helmholtz in seiner scharfen Umgrenzung stets angenommen worden.

„In der einfachen arithmetischen Reihe 1, 2, 3, . . “, sagt Wundt in seiner ausgezeichneten Rede zum Gedächtniss von Fechner, „sah dieser zunächst ein anschauliches Bild für die intensiven, dem einfachen Fortschritt der mathe-

matischen Reihe parallel gehenden Aenderungen des Psychischen, und für die extensive, den grösseren Stufen der geometrischen entsprechende Mannigfaltigkeit des Physischen.“ Plötzlich eines Morgens am 20. October 1850 — in dem Jahre, in welchem Helmholtz seine Forschungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenreizung veröffentlichte — erwachte in ihm die Idee, es möge wohl einem gleichen verhältnissmässigen Zuwachs an lebendiger Kraft körperlicher Bewegung ein gleicher absoluter Zuwachs geistiger Intensität entsprechen. So entstand die erste Aufstellung des sogenannten psychophysischen Grundgesetzes in der Form der logarithmischen Function, wie sie im Anschluss an jene Reihenbetrachtungen der zweite Band des Zendavesta als „Kurze Darlegung eines neuen Princips mathematischer Psychologie“ enthält. Fechner erörtert das Verhältniss der physischen Reizbewegung zu denjenigen Bewegungsvorgängen im Innern des Nervensystems, die der Empfindung unmittelbar parallel gehen, und für die er den Ausdruck psychophysische Bewegungen einführt. Er betrachtet es als erwiesen, dass das E. H. Weber'sche Gesetz, welches zuerst eine Gesetzmässigkeit zwischen Reiz und Empfindung festzustellen suchte, nicht der Ausdruck einer Beziehung zwischen der äusseren physischen Bewegung und der psychophysischen Bewegung, sondern vielmehr der Beziehung zwischen psychophysischer Bewegung und Empfindung ist. Und auf diesen Standpunkt hatte sich auch Helmholtz gestellt.

Die Erweiterung der Form des psychophysischen Gesetzes auf Mannigfaltigkeiten von mehr als einer Dimension hatten ihn, während das Fechner'sche Gesetz nur Aenderung in der Lichtstärke bei ungeänderter Mischung des Lichtes in Frage zog, auf die messende Bestimmung der Art einer Farbenempfindung bei dichromatischen Augen durch zwei unabhängige Variable, bei trichromatischen Augen durch drei Variable geführt. Helmholtz geht in

den beiden Arbeiten, von denen die eine unter dem Titel: „Versuch, das psychophysische Gesetz auf die Farbenunterschiede trichromatischer Augen anzuwenden“, in der Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane veröffentlicht, die andere: „Kürzeste Linien im Farbensystem“ am 17. December 1891 der Akademie vorgelegt wurde, auf seine und Riemann's Ergebnisse wieder zurück, nach welchen sich alle Eigenschaften der besonderen Art unseres Raumes daraus ableiten lassen, dass man den Werth der Entfernung zweier benachbarter Punkte durch die zugehörigen Incremente der Coordinaten ausdrücken kann, und somit von der Entfernung zweier Punkte eines festen Körpers verlangt, dass sie durch die Lage ihrer Endpunkte vollkommen gegeben sei und gleich bleibe bei allen möglichen Verschiebungen und Wendungen des festen Körpers. Indem er davon ausgeht, dass jede besondere Farbe sich herstellen lässt durch die Vereinigung der entsprechend abgemessenen Quanta dreier passend gewählter Grundfarben, welche die Stelle der Coordinaten vertreten, findet er in der Deutlichkeit der Unterscheidung zwischen zwei nahe stehenden Farben eine der Entfernung für Punkte des Raumes analoge Grösse und stellt einen analytisch sehr einfach zusammengesetzten Ausdruck auf, von dem er hofft, dass er für den Bereich der Farbenempfindungen dieselbe Rolle spielen wird, wie die Formel für die Länge des Linienelements in der Geometrie. Dieser Ausdruck lässt den Grad der Deutlichkeit im Unterschiede zweier Farben erkennen, die sich gleichzeitig in den Grundfarben, welche in ihre Zusammensetzung eingehen, von einander unterscheiden und also in Helligkeit und Qualität verschieden sind. Analog der kürzesten Linie zwischen zwei Punkten im Raume definirt er als kürzeste Farbenreihen diejenigen Reihen von Uebergangsfarben zwischen zwei gegebenen Endfarben von verschiedener Qualität und Quantität, für welche die Summe der wahrnehmbaren Unterschiede ein Minimum ist.

Und nun benutzt er diese Ergebnisse, um die Lösung einer wichtigen, aber äusserst schwierigen Frage anzubahnen. Das Newton'sche Farbenmischungsgesetz erlaubte zwar, die ganze Mannigfaltigkeit der möglichen Farbenempfindungen auf drei neben einander bestehende Erregungsweisen des Sehnervenapparates zurückzuführen, liess es aber unbestimmt, welche Farbenempfindungen diesen drei elementaren Erregungen entsprechen; Helmholtz greift nun wieder die Frage der Feststellung der wirklichen drei physiologisch einfachen Farbenempfindungen an. Die Untersuchung ergab mit einiger Wahrscheinlichkeit für die drei Grundfarben das folgende Resultat: Das spectrale Roth würde eine weissliche, ein wenig gelbliche Modification der einen Grundfarbe, diese also etwa ein höchst gesättigtes Carminroth darstellen; das spectrale Violett würde eine weissröthliche Abänderung der dritten Grundfarbe, diese also etwa mit dem Ultramarinblau im Farbenton zu vergleichen sein, während die zweite Grundfarbe etwa dem Grün der Vegetation entspricht. Mit diesen Ergebnissen würde die auch von Helmholtz früher gemachte Annahme in Widerspruch treten, wonach bei den Dichromaten einfach eine der Grunderregungen des trichromatischen Auges nicht zu Stande kommt. Helmholtz lässt nunmehr, wie er schon früher Lord Rayleigh mitgetheilt hatte, diese Annahme fallen und geht von der Voraussetzung aus, dass farbige Lichter, die den normalen Trichromaten gleich aussehen, es auch für die Dichromaten thun. Wenn nun Newton's Mischungsgesetz auch für die Farben des dichromatischen Systems anwendbar ist, so ergiebt sich, wenn man jede Ebene, deren rechtwinkelige Coordinaten die Werthe der Grundfarben des trichromatischen Systems darstellen, als Farbentafel gelten lässt, dass alle in einem dichromatischen Farbensystem gleichfarbigen Ebenen durch eine gemeinsame Schnittlinie gehen; ferner folgt, dass in der nach Newton construirten Farbentafel sich alle gleichfarbigen Linien eines

dichromatischen Systems in einem Punkte ausserhalb oder an der Grenze des trichromatischen Farbendreiecks schneiden. Er schliesst die Untersuchung mit einer Vergleichung der Empfindlichkeit für Helligkeitsunterschiede und der für Farbenunterschiede.

Die zweite Hälfte des Jahres 1891 brachte Helmholtz nach den schweren Schicksalsschlägen, die ihn und sein Haus getroffen, eine Reihe von Ovationen der naturwissenschaftlichen, überhaupt der ganzen gebildeten Welt, wie sie wohl kaum je einem Gelehrten zu Theil geworden.

Nachdem er noch am 15. Juli das Präsidium der Prüfungscommission bei der internationalen technischen Ausstellung in Frankfurt a. M. übernommen und den Sommer über wieder mit optischen Fragen beschäftigt gewesen, ging er, um den Aufregungen und Anstrengungen zu entgehen, welche die bevorstehende Feier seines 70. Geburtstages nothwendig mit sich bringen musste, in der Mitte des August mit seiner Familie nach Campiglio, um erst nach seinem Geburtstage wieder nach Berlin zurückzukehren. Am 15. September richtete er von Feldafing bei München ein Schreiben an den vorgesetzten Minister:

„Ew. Excellenz erlaube ich mir die gehorsame Bitte um Verlängerung meines Urlaubs, der am 20. d. Mts. zu Ende geht, bis eventuell zum 27. d. Mts. zu ersuchen. Meine Freunde, welche eine Feier meines 70. Geburtstages in Berlin vorbereiten, haben eine Portraitbüste von mir bei dem Bildhauer Adolf Hildebrand bestellt und mich ersucht, ihm dazu zu sitzen. Der Künstler ist zur Zeit durch Vorarbeiten für einen grossen Brunnen, den die Stadt München bei ihm bestellt hat, an München gefesselt. Das Thonmodell meiner Büste ist schon im Frühling dieses Jahres in Florenz angefertigt worden; es handelt sich jetzt nur noch um die feinere Ausführung der Marmorarbeit. Ich bin seit dem 7. d. Mts. hier und habe fast täglich Sitzungen gehabt. Aber es ist schon jetzt klar, dass die

Büste bis Sonntag den 20. d. Mts. nicht fertig werden kann, wesshalb ich nach Rücksprache mit dem Künstler die vorangestellte Bitte an Ew. Excellenz richte."

Schon nach Campiglio und jetzt nach Feldafing werden ihm unzählige Glückwünsche aus der ganzen Welt zugeschickt. Am 21. September schreibt er an Ludwig:

„Habe Dank für die liebenswürdige — meines Erachtens viel zu liebenswürdige — Schätzung meiner Leistungen. Wenn zwei Freunde in etwas verschiedenen Richtungen arbeiten, kann natürlich Jeder dem Anderen gelegentlich helfen, und es freut mich, wenn ich Dir dies zuweilen gekonnt habe. Dafür habe ich aber auch viele Gegengabe von Dir empfangen, namentlich, so lange ich Physiologie vortrug, wo Du meine Hauptautorität warst. . . . Campiglio, wo ich mit den Meinigen war, erwies sich für diesen nasskalten Sommer als sehr geeignet; nur unser Fest dort in Stille und Verborgenheit zu feiern, misslang gänzlich. . . . Ich sitze jetzt hier seit 14 Tagen täglich drei Stunden Modell für Meister Hildebrand, der mich in Marmor nachbildet. Mit der Gesundheit geht es mir bisher ganz gut, und ich bin vorbereitet auf die Berliner Feier. Eigentlich ist der Gedanke an den 70. Geburtstag eine etwas gemischte Freude, kaum ein Fest zu nennen; schliesslich muss ich sagen, hatte die Menge von Beweisen der Theilnahme, der Dankbarkeit und Achtung, mit denen ich von allen Seiten überschüttet wurde, und deren grösster Theil doch schliesslich nur aufrichtig gemeint sein konnte, da er ganz ungerufen kam, doch etwas Festliches und Erhebendes. Abgesehen von allen Fragen der Eitelkeit ist es schliesslich für unser einen, der sein Leben lang schwer gearbeitet hat, doch eine berechtigte Frage: Ist das, was Du geleistet, nützlich und schätzenswerth? und diese können nur die Anderen beantworten, die davon Nutzen und Vortheil haben . . . ."

Noch vor der für den 2. November von der Gelehrten-

welt in Berlin projectirten Feier erhielt er eine Fülle der höchsten Auszeichnungen. Nachdem er schon im Februar das Grossofficierkreuz des Ordens der Ehrenlegion erhalten, wurde ihm das Grosskreuz des Nordstern-Ordens, das Grosskreuz des Ordens vom Zähringer Löwen, vom Kaiser Franz Joseph das Ehrenzeichen für Kunst und Wissenschaft, aus Italien das Grosskreuz des St. Mauritius- und Lazarus-Ordens verliehen.

Zum Geburtstage des Kaiser Friedrich wurde ihm durch das am 12. October 1891 vom Kaiser Wilhelm II. in Potsdam vollzogene Patent der Charakter als Wirklicher Geheimer Rath mit dem Prädicate „Excellenz“ zuerkannt. Noch sind die Worte, welche dieser Ernennung beigefügt waren, in aller Erinnerung:

„Sie haben, Ihr ganzes Leben zum Wohle der Menschheit einsetzend, eine reiche Anzahl von herrlichen Entdeckungen vollbracht. Ihr stets den reinsten und höchsten Idealen nachstrebender Geist liess in seinem hohen Fluge alles Getriebe von Politik und der damit verbundenen Parteiungen weit hinter sich zurück. Ich und mein Volk sind stolz darauf, einen solch bedeutenden Mann unser nennen zu können.“

Am 2. November fand nun in Berlin jene Ovation für Helmholtz statt, die ein Ehrendenkmal nicht nur für ihn, sondern auch für die Forscher aller Länder durch die neidlose Anerkennung seiner ungeheuren Verdienste um die Wissenschaft und der reinen und edlen Persönlichkeit geworden ist. Es mag genügen, aus der reichen Zahl von Ansprachen der Minister, Akademien, wissenschaftlicher Corporationen und einzelner Gelehrten den Worten du Bois' hier eine Stelle zu geben:

„. . . Wir erliessen einen Aufruf, international wie die Wissenschaft ist, über alle Grenzen des Chauvinismus und der Politik hinaus, an alle Gelehrten aller Kategorien, an Physiker, Mathematiker, Aerzte, Physiologen, welche

Büste von Adolf Hildebrand 1891.


HERMANN von HELMHOLTZ
MDCCCXCI

nothwendiger Weise sich zu Deinen Verehrern, Deinen Schülern bekennen mussten, und der Erfolg dieses Aufrufes zeigt sich in einer Liste, die ich Dir überreiche, von ungefähr 700 — ich habe sie nicht genau gezählt — Namen, wobei aber auch Gesellschaften sind, welche eine grosse Anzahl von Namen in sich schliessen. So erfolgreich ist dieser Aufruf gewesen, dass er uns in die Lage versetzt hat, mit bedeutenden Mitteln mehrere für Dich bestimmte Huldigungen zu verwirklichen. Die dort sichtbare Büste, von der weisst Du schon, denn Du hast dafür gesessen. Wir danken dem Meister Adolf Hildebrand, der so vortrefflich die Züge Deiner Erscheinung auch späteren Geschlechtern erhalten hat. Da aber eine solche Büste selbst im Abguss für Viele ein beschwerlicher Besitz ist, so haben wir ausserdem Jacobi's Radirnadel beauftragt, Deine Züge auch in Gestalt dieses Bildes allgemeiner zugänglich zu machen. Auch dieses schien uns noch nicht genug, und wir waren glücklicher Weise durch die, wie gesagt, reichlich uns zufliessenden Geldmittel in der Lage, noch viel weiter zu gehen. Wir beschlossen, bei der Akademie der Wissenschaften eine Stiftung zu gründen, die Deinen Namen tragen und in gemessenen Zeiträumen eine mit Deinem Bilde und Deinem Namen bezeichnete Medaille einem ausgezeichneten Gelehrten und Forscher in einem Deiner zahlreichen Arbeitsgebiete verleihen soll. Diese Stiftung hat die Akademie mit landesherrlicher Genehmigung errichtet, und die Urkunde wird Dir hiermit überreicht. Die Statuten der Stiftung haben natürlicher Weise noch nicht aufgestellt werden können, denn wir rechnen dazu auf Deine Mitwirkung, wie es auch in der Natur der Dinge liegt, dass die Verleihung der Medaille Dir vorbehalten bleibt, so lange die Akademie das Glück haben wird, Dich in ihrer Mitte zu besitzen. Das erste Exemplar der Medaille, in edlem Stoff ausgeführt, habe ich die Freude, Dir hier zu überreichen, und hier ist ein Exemplar in Bronze, welches die

Schönheit der Arbeit von **Tautenhayn** in Wien vielleicht noch deutlicher erkennen lässt."

Jeder einzelnen Deputation, jedem einzelnen Freunde antwortete Helmholtz in schlichter Weise und schönen Worten dankbaren Herzens. Der philosophischen Facultät in Berlin, welche ihm eine tabula gratulatoria gesandt, erwiderte er:

„Ich fühle noch das Bedürfniss, auch noch neue Keime auszusäen, welche weiter spriessen können in den Köpfen unserer Schüler, und das ist für mich eine wichtige Arbeit, die mir am Herzen liegt, und ich bin Ihnen sehr dankbar, dass Sie eingewilligt haben, mich dort in Ihrem Kreise zu behalten und mir zu erlauben, noch als berechtigtes Mitglied der Facultät weiter zu wirken."

Hocherfreut war er durch den ihm bei Gelegenheit seines 70. Geburtstages überreichten Ehrenbürgerbrief der Stadt Potsdam:

„Der Ehrenbrief, den Sie mir gesandt haben, und der die alte Verbindung mit meiner Vaterstadt erneuert, ist mir wirklich eine sehr grosse Freude gewesen, da ich Potsdam sehr viel verdanke; denn meine Liebe zu dem Reichthum und der Mannigfaltigkeit der Natur und mein grosses Interesse an der Natur und der Wirklichkeit hat mich von Jugend auf beeinflusst und ist offenbar dadurch, dass ich mich sehr viel in der Umgebung von Potsdam herumgetummelt habe, gestärkt und entwickelt worden."

Das grosse Festessen, welches am 2. November 260 Freunde und Verehrer von Helmholtz im Kaiserhof versammelte, hat durch die von dem Jubilar gehaltene Tischrede, welche im Laufe der Jahre überall bekannt geworden und jetzt gewöhnlich als eine Autobiographie bezeichnet wird, ein allgemeines und tiefgehendes Interesse erregt und eine historische Bedeutung erlangt. Sie war die Antwort auf die im Namen aller Versammelten von **Eduard Zeller** an ihn gerichtete Anrede, welche in schönen und charakte-

ristischen Worten die Persönlichkeit von Helmholtz kennzeichnete:

„... Den gleichen Eigenschaften hat er es aber auch zu verdanken, dass in allen geschäftlichen Beziehungen, im Senat, in der Facultät, in der Akademie, in allen Collegien und Behörden, denen er angehört hat und noch angehört, seinen Gutachten ein so hoher Werth beigelegt wird. Um was es sich auch handeln mag, immer ist man sicher, von ihm nicht bloss ein sachverständiges, sondern auch ein durchaus sachliches, von keinen Nebenrücksichten getrübtes Urtheil zu erhalten. Und mit dieser sachlichen Betrachtung der Dinge hängt auch ein weiterer Zug im Bilde unseres Freundes zusammen, der gewiss schon Viele von Ihnen wohlthuend berührt hat: die Anspruchslosigkeit seines persönlichen Auftretens. Schon mehr als einmal haben solche, die in der Sommerfrische oder auf Reisen ihn zuerst sahen, mir nachher gesagt: „So einfach und anspruchslos habe ich ihn mir doch nicht gedacht." Wer sich mit seinen Gedanken und Interessen ganz in den grossen sachlichen Fragen bewegt, dem erscheint eben alles bloss Persönliche zu klein, um ihm einen übermässigen Werth beizulegen."

Was Helmholtz über seinen Entwickelungsgang in seiner Antwort mitgetheilt, ist aus der Darstellung seiner Arbeiten und der Correspondenz mit seinen Freunden in dem Früheren klar genug hervorgetreten, und es möge deshalb aus seiner grossen Tischrede nur eine Stelle hier noch Erwähnung finden:

„Sie wollen meinen Namen gleichsam zur Fahne einer grossartigen Stiftung machen, welche, von Freunden der Wissenschaft aller Nationen gegründet, wissenschaftliche Forschung in allen Ländern des Erdballs ermuthigen und fördern soll. Die Wissenschaft und die Kunst sind zur Zeit ja das einzige übrig gebliebene Friedensband der civilisirten Nationen. Ihr immer höher wachsender Ausbau ist

ein gemeinsames Ziel aller, was durch gemeinsame Arbeit aller, zum gemeinsamen Vortheil aller durchgeführt wird. Ein grosses und heiliges Werk! Ja, die Stifter wollen ihre Gabe vorzugsweise zur Förderung derjenigen Zweige des Forschens bestimmen, die ich in meinem eigenen Leben verfolgt habe, und mich dabei in meiner zeitlichen Beschränkung künftigen Geschlechtern fast wie ein Vorbild der Forschung hinstellen. Es ist dies die stolzeste Ehre, die Sie mir erweisen können, insofern Sie mir dadurch Ihr unbedingt günstiges Urtheil zu erkennen geben; aber es würde an Vermessenheit streifen, wenn ich sie annähme, ohne die stille Erwartung, dass die Preisrichter künftiger Jahrhunderte sich frei von den Rücksichten auf meine zeitliche Persönlichkeit machen würden.“

Nachdem die Festlichkeiten kaum verrauscht, vertiefte er sich sogleich wieder in Probleme der verschiedenartigsten Natur, und wendet sich zunächst seinen schwierigen mathematischen Untersuchungen zu, welche das Princip der kleinsten Wirkung als oberstes Naturgesetz hinstellen sollten.

Am 26. Februar 1892 schreibt er an Hertz:

„Ich nehme mit bestem Dank Ihr Anerbieten an, mir Ihre Sammlung von Abhandlungen über die elektrischen Wellen zu dediciren; dies ist einmal eine Widmung, an der ich ungetrübte Freude haben kann, und für die Belehrungsbedürftigen aller Länder ist es ein grosser Vortheil, die Abhandlungen alle zusammen zu haben. . . . Ich bin eben selbst dabei, wieder einen kleinen elektrodynamischen Aufsatz zu schreiben, nämlich eine Umformung von Maxwell's Gleichungen in die Form des Princips der kleinsten Wirkung, da, wie Sie selbst schon bemerkt haben, die Herleitung der ponderomotorischen Kräfte möglicherweise unvollständig sein konnte. Aber das genannte Princip ergiebt sie übereinstimmend mit der älteren Herleitung aus der Energie.“

Hertz antwortet ihm darauf am 28. Februar, dass ihm keine einwurfsfreie Verknüpfung der ponderomotorischen

Kräfte aus den Maxwell'schen Gleichungen für den allgemeinen Fall beliebiger Veränderungen bekannt geworden ist.

Diese Untersuchung legte nun Helmholtz, nachdem er im Frühjahr einige Wochen in Norditalien zugebracht und seine Frau bei deren Schwester in Abbazia abgeholt hatte, am 12. Mai 1892 unter dem Titel: „Das Princip der kleinsten Wirkung in der Elektrodynamik" der Berliner Akademie vor. Er stellt sich die äusserst schwierige Frage, ob sich die empirisch gefundenen Sätze der Elektrodynamik, wie sie in Maxwell's Gleichungen ausgesprochen sind, in die Form eines Minimalsatzes bringen lassen.

In einem System ponderabler Körper, dessen innere Kräfte conservativ sind, weiss man in der Regel, welche Grössen Coordinaten und welche Geschwindigkeiten bezeichnen, und es ist dann bis zu einer gewissen Grenze möglich, nach der von Helmholtz früher entwickelten Beziehung zwischen der gesammten Energie und dem kinetischen Potential aus der ersteren das letztere zu finden. Es blieb nur, wie früher hervorgehoben worden, eine lineare homogene Function der Bewegungsmomente unbestimmt, welche additiv zum Werthe des kinetischen Potentials hinzutritt, weil solche lineare Glieder aus dem Werthe des Energievorraths sich wegheben. Dies lässt sich jedoch nicht ausführen, wenn wir nicht erkennen können, welche der inneren Veränderungen des Systems Lagenänderungen einzelner Theile, welche dagegen Geschwindigkeitsänderungen unbekannter innerer Bewegungen oder auch vielleicht Aenderungen der Bewegungsmomente entsprechen. Und in diesem Falle befindet man sich im Gebiete der Elektrodynamik; man hat es hier mit Elektrisirung und Magnetisirung einzelner Körper und Substanzen zu thun, beide Zustände können dauernd bestehen. Elektrische Ströme rufen magnetische Kräfte, magnetische Aenderungen elektrische Kräfte hervor. Man wird somit, ohne sich auf jene Beziehung zwischen der Energie und dem kinetischen Potential zu stützen und durch Berechnung der

letzteren das Princip der kleinsten Wirkung aufstellen zu können, versuchen müssen, ob die empirisch gefundenen Gesetze der Elektrodynamik, wie sie in Maxwell's Gleichungen ausgesprochen sind, in die Form eines Minimalsatzes gebracht werden können, und welche Analogien diese Form mit der für ponderable Körper zeigt.

Helmholtz geht nun von der Ueberlegung aus, dass, wenn wir uns über das Wesen der elektrischen und magnetischen Kräfte und über die Natur des sie tragenden materiellen Substrats Vorstellungen bilden wollen, wir zunächst nur wissen, dass sie beide unter das Gesetz von der Constanz der Energie fallen. Wir können jedoch die beiden Formen der Energie nicht sicher von einander trennen und wissen auch ferner nicht, ob sie an den anderen allgemeinen Eigenschaften aller conservativen Bewegungskräfte wägbarer Substanzen Theil nehmen, die in dem Princip der kleinsten Wirkung ihren kürzesten Ausdruck finden, und, wie Helmholtz in den oben besprochenen mechanischen Arbeiten nachgewiesen, eine Reihe von eigenthümlichen Reciprocitätsgesetzen zwischen den Kräften verschiedenen Ursprungs in einem System wägbarer Massen zum Ausdruck bringen. Soweit die von F. E. Neumann aufgestellten und von Helmholtz erweiterten Potentialgesetze reichen, für geschlossene Ströme, deren Zwischenräume frei von magnetischer und elektrischer Substanz sind, bewährt sich, wie Helmholtz schon früher gezeigt, das Princip der kleinsten Wirkung; es bleibt aber die Frage zu beantworten, ob das Princip auch die vollständigeren Gleichungen der Elektrodynamik in sich aufnehmen könne, wie sie Cl. Maxwell aufgestellt und H. Hertz mit expliciter Entwickelung der von der Bewegung des Mediums abhängigen Glieder vervollständigt hat.

Abgesehen von den theoretischen Fragen über die Natur der zu Grunde liegenden Kräfte stellen sich auch noch Fragen über beobachtbare Erscheinungen dabei ein. Die

Werthe der ponderomotorischen Kräfte in elektromagnetischen Systemen sind nämlich bisher nur aus dem Werthe der Energie hergeleitet worden. Helmholtz hat jedoch früher gezeigt, dass in solchen Fällen, wo das kinetische Potential Glieder enthält, die in den Geschwindigkeiten linear sind, solche aus dem Werthe der Energie verschwinden, und also auch die von ihnen herrührenden Kräfte nicht aus der Energie gefunden werden können. Nun kommen solche lineare Glieder in der That schon in dem nach F. E. Neumann's Vorgang gebildeten kinetischen Potential vor, sobald permanente Magnete und geschlossene Ströme auf einander wirken. Die Frage, ob nicht noch mehr dergleichen existiren, war ohne besonders darauf gerichtete Untersuchung nicht zu entscheiden. Es gelingt nun Helmholtz in der That, ein solches kinetisches Potential zu bilden, dass die gleich Null gesetzte Variation des zwischen zwei Zeitpunkten genommenen Integrales desselben die Maxwell-Hertz'schen Gleichungen liefert, und es ergeben sich auch die ponderomotorischen Kräfte aus dem Minimalprincip vollkommen übereinstimmend mit Maxwell's Theorie. Abweichend von den bekannten Formen des Problems erscheint es hier, dass Grössen, welche schliesslich als Bewegungsmomente charakterisirt werden, bei der Variation als unabhängige Variable behandelt worden sind, übereinstimmend mit seinen früheren allgemeinen Untersuchungen, wo die Geschwindigkeiten ebenfalls als unabhängige Variable betrachtet wurden, und die Bedeutung dieser Grössen durch die Variation selbst erst gefunden wird. Es kommen häufig Fälle vor, von denen man nicht weiss, ob sie Zustände oder Aenderungsgeschwindigkeiten von solchen sind — ähnliche Ueberlegungen hat Helmholtz noch in seinen letzten Lebenstagen angestellt.

Am 11. Juni hielt Helmholtz in der Generalversammlung der Goethe-Gesellschaft zu Weimar seine schon früher erwähnte Rede: „Goethe's Vorahnungen kommender

naturwissenschaftlicher Ideen". Von Weimar zurückgekehrt, fand er die Mittheilung aus Paris vor, er sei „élu Associé Etranger le 13 juin 1892, en remplacement de Don Pedro II d'Alcantara, Empereur du Brésil"; auch wartete seiner die Ernennung zum Ehrenmitglied der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin. Dagegen war er selbst zu seiner grossen Freude in der Lage, seinem alten Freunde Lord Kelvin eine hohe Ehrung zu Theil werden zu lassen. Am 4. Juli 1892 schreibt er ihm:

„My dear friend, according to your and Lady Kelvin's proposal and very kind invitation we shall come, Frau von Helmholtz and I to Edinburgh for the time of the British Association, and afterwards, if it fits into your time to Netherhall. When going to Edinburgh we shall stay some days with Lord Rayleigh at his countryseat in Essex (29. and 30. of July).

I don't know, if You have already received the information, that on last Thursday the Academy of Sciences at Berlin has elected you to be one of the first possessors of the Helmholtz-medal. At the same time the medal has been given to Mr. du Bois-Reymond, to Robert Bunsen and to our Mathematician Professor Weierstrass."

Die beabsichtigten, gemeinschaftlich mit Lord Rayleigh anzustellenden Versuche veranlassen ihn, am 19. Juli 1892 das nachfolgende Urlaubsgesuch an das Ministerium einzureichen:

„Ew. Excellenz habe ich die Ehre gehorsamst anzuzeigen, dass ich Donnerstag den 28. d. M. nach England abzureisen beabsichtige, um zunächst noch mit Lord Rayleigh und Professor Glazebrook von Cambridge die Ergebnisse der schon vorher von Dr. Lindeck im Laboratorium zu Cambridge auszuführenden Versuche der Widerstandsvergleichungen festzustellen. Die Versammlung in Edinburgh wird vom 3. bis 11. August dauern, und nachher sollen im Laboratorium des Board of Trade in London

noch die Vergleichungen unserer Widerstände und Normalelemente mit denen des Board of Trade angestellt werden ...“

Im August besuchte er mit seiner Frau zunächst wieder Bayreuth, weilte dann einige Wochen in Pontresina und reiste sodann über Paris nach England. „Der Aufenthalt in England war etwas anstrengend, aber sehr interessant und schön, und haben wir uns glücklich durch alle Ehren und Festlichkeiten durchgewunden.“

Von seiner Reise aus England zurückgekehrt, machte er zunächst nach Absolvirung der dringendsten Amtsgeschäfte das 6. und 7. Heft der neuen Auflage seiner physiologischen Optik druckfertig, so dass diese noch in demselben Jahr erscheinen konnten, und verliess dann auf wenige Tage Berlin, um sein am 2. November bevorstehendes fünfzigjähriges Doctorjubiläum still und zurückgezogen nur im Kreise seiner Familie zu feiern. Einige der Glückwunschschreiben, welche in überreicher Anzahl einliefen, und die von Helmholtz gegebenen schriftlichen Erwiderungen bieten nach verschiedenen Richtungen hin ein mannigfaches Interesse.

Der Kaiser sandte telegraphischen Glückwunsch:

„Dem grossen Forscher und treuen Patrioten sende ich zu dem heutigen Ehrentage die herzlichsten Glückwünsche, mir vorbehaltend, zum Andenken Ihnen mein Bildniss zu verleihen.“

Sein unmittelbarer Vorgesetzter, der Minister des Innern von Bötticher schreibt:

„... Die unermüdliche und über die Grenzen unseres Vaterlandes hinaus anerkannte Thätigkeit, welche Sie in der Leitung jener für die geistigen und materiellen Interessen des deutschen Volkes gleich bedeutungsvollen Anstalt während der letzten Jahre entwickelt haben, bietet, wie ich hoffen darf, die Gewähr, dass auch in dem neuen Abschnitt Ihres wissenschaftlichen Lebens die Reichsverwaltung auf Ihre hingebende Mitwirkung rechnen kann. Dass glückliche

Erfolge und reiche Befriedigung Ihre Thätigkeit an der Spitze der Reichsanstalt krönen mögen, ist an dem heutigen Tage mein lebhaftester Wunsch."

Der um das Unterrichtswesen in Preussen so hochverdiente Minister von Gossler wendet sich mit den Worten an ihn:

„Aus den Zeitungen ersehe ich, dass Sie vor den Ehren des heutigen Tages geflohen sind, und mich um die Freude bringen, Ihnen wieder einmal von Mund zu Mund meine Verehrung und Dankbarkeit auszusprechen. Dieser Schmerz soll aber Ihr Herz nicht drücken. Auch schriftlich freue ich mich des Glücks, als Deutscher — als Freund der Wissenschaft — als ein Mann, dem es vergönnt war, Ihrem Streben und Arbeiten aus der Nähe zuschauen zu dürfen, Ihnen und dem Vaterland Glück zu wünschen zu Ihrem Ehrentage, zu der Frische und Kraft, mit welcher Sie ihn begehen. Die ersten fünfzig Jahre des Ringens und Schaffens sind zwar die leichteren und angenehmeren, aber Ungezählte auf dem ganzen Erdenrunde hegen heute die Zuversicht und den innigen Wunsch, dass Sie auch in dem zweiten Halbhundert noch einen langen und an Erfolgen reichen Weg zurücklegen werden. Möge Ihnen im Beruf und in der Familie der Segen weiter das Leben erhellen, dessen Sie Sich heute erfreuen. . . ."

Die medicinische Facultät in Berlin, in der er vor 50 Jahren sein Doctorexamen abgelegt, übersandte ihm das erneuerte Diplom mit herzlichen Glückwünschen; in der von dem derzeitigen Decan Jolly verfassten Adresse wird die Freude der Facultät betont, bei dieser für die ganze wissenschaftliche Welt so bedeutungsvollen Feier bezeugen zu dürfen, dass ein sichtbares und unlösliches Band den Jubilar mit ihr verknüpft:

„Die Wege Ihrer Forschungen und Entdeckungen haben Sie freilich weit über den Rahmen der medicinischen Wissenschaft hinausgeführt, und es würde gegenüber einem Manne

von so universeller Bedeutung und Wirkung nicht gestattet sein, ihn für eine einzelne Facultät ausschliesslich in Anspruch zu nehmen. Aber so wie der Ausgangspunkt Ihrer Forscherarbeit in der Medicin gelegen hat, so sind auch die Resultate derselben für alle Zweige dieser Wissenschaft, die theoretischen sowohl, wie die praktischen, fruchtbringend und segensreich gewesen. Und nicht minder fruchtbringend war Ihre Thätigkeit als Lehrer für Generationen von Medicinern, welche Ihnen die Einführung in die durch Ihre Entdeckungen bereicherte Physik und Physiologie verdanken, wie Sie denn auch den Fragen des medicinischen Unterrichts jeder Zeit ein warmes und wirksames Interesse entgegengebracht haben."

Die aus Charlottenburg vom 3. November datirte Antwort von Helmholtz lautet:

„Eure Spectabilität ersuche ich, der medicinischen Facultät hiesiger Universität meinen herzlichsten Dank auszusprechen für die von so ehrenvollen und freundlichen Worten begleitete Erneuerung meines vor 50 Jahren bei ihr rite erworbenen Doctordiploms. Ich bin mir immer bewusst geblieben und habe es auch schon oft ausgesprochen, dass ich dem Studium der Medicin viel verdanke, selbst für meine spätere Laufbahn als Physiker. Es hat mir eine viel breitere Kenntniss der Natur gegeben als ich, durch ein Studium beschränkt auf die unorganische Natur und die Mathematik je gewonnen haben würde, und die dem Arzte auferlegte ernste Verantwortlichkeit für den Erfolg seiner Bemühungen hat mich früh daran gewöhnt, vor Allem nach sicherer Kenntniss der wirklichen Thatsachen und ihrer Consequenzen zu streben. Eben deshalb habe ich der Medicin mich immer eng verbunden gefühlt, als meiner ersten geistigen Heimath, wenn ich auch in späteren Jahren ihr nicht mehr ausgiebige Arbeit habe zuwenden können, und in diesem Sinne haben mich die in dem Anschreiben der Facultät mir gegebenen Versicherungen hoch erfreut."

In der Beantwortung des schriftlichen Glückwunsches der philosophischen Facultät sagt er:

„... Ich war immer der Empfänger von freiwillig ihrerseits gespendeten Wohlthaten und Ehren; sie nahm mich aus eigenem Antrieb unter ihre Doctoren, dann unter ihre Ordinarien auf, bewilligte mir schliesslich eine Ausnahmestellung mit allen Rechten und ohne die Verpflichtungen der Ordinarien. Es legt mir dies eine kaum abzumessende Schuld der Dankbarkeit gegen die Facultät auf, der ich, so lange meine Kräfte reichen, nachzukommen mich bestreben werde.“,

während er das Glückwunschschreiben der Berliner Universität mit den Worten erwidert:

„... Meine Thätigkeit ist während eines so langen Theiles meines Lebens den deutschen Universitäten gewidmet gewesen, dass ich mich innerlich immer noch wesentlich als Mitglied derselben fühle, wenn auch meine äussere Beziehung zu ihnen überwiegend die eines Veteranen geworden ist. Daher ist es mir eine grosse Freude, wenn auch Seitens der berufenen Vertreter der Universität, der ich noch jetzt angehöre, mir eine solche Anerkennung meiner wissenschaftlichen und amtlichen Bemühungen zu Theil wird.“

Ueberaus grosse Freude machte Helmholtz die warm gefühlte und schwungvolle Adresse der Berliner Akademie:

Hochgeehrter Herr College!

Unter den unzähligen Körperschaften, welche im vorigen Jahre Eurer Excellenz ihre Glückwünsche zur siebzigsten Wiederkehr Ihres Geburtstages in bleibender Gestalt darbrachten, fehlte gewiss für Viele, vielleicht für Sie selber, auffallender Weise Ihre eigene Akademie, die Berliner Akademie der Wissenschaften. Nicht dass sie an der die ganze mathematische, naturwissenschaftliche, ärztliche, philosophische Welt aufregenden Feier keinen Theil genommen

hätte. Vielmehr liess sie Ihnen die Urkunde einer durch ihre Mitglieder ins Leben gerufenen Stiftung überreichen, welche Ihren Namen tragen und als höchstes Zeichen der Anerkennung wissenschaftlicher Verdienste in gemessenen Zeiträumen eine goldene Denkmünze mit Ihrem Bilde austheilen sollte. Dagegen untersagte der Akademie ein Gebrauch, von welchem sie glaubte nicht abweichen zu dürfen, die Berücksichtigung eines Geburtstages und verwies sie, um sich Ihnen mit feierlichem Glückwunsche zu nahen, auf den heute gekommenen Tag Ihres fünfzigjährigen Jubiläums als Doctor der Medicin und Chirurgie. Die Akademie ist dadurch freilich in die missliche Lage gerathen, nur wiederholen zu können, was Ihnen schon von den verschiedensten Seiten in begeisterten Worten ausgesprochen wurde: die Bewunderung alles von Ihnen Geschaffenen, den tiefen Dank der um Sie als Meister geschaarten Schüler und Fachgenossen.

Doch eignet sich die heutige Erinnerungsfeier ganz besonders dazu, den wunderbaren Gang Ihrer Entwickelung ins Licht treten zu lassen. Sie erscheinen zunächst als Zögling der Königlichen militär-ärztlichen Bildungsanstalten, zu einer praktischen, in vorgeschriebenen Formen aufsteigenden Laufbahn bestimmt. Wie anders sollte es kommen. Schon Ihre Inaugural-Dissertation gab ein Maass ab des von Ihnen zu erwartenden Ungewöhnlichen. Sie lösten eine Frage, welche Ihr Lehrer Johannes Müller für die wichtigste im damaligen Zustande der Nervenanatomie erklärt hatte, die des Zusammenhanges der Nervenfasern mit den Ganglienkugeln. Fast unmittelbar darauf folgte eine Untersuchung über das Wesen der Gährung und Fäulniss, welche zu den Incunabeln der heutigen Bacteriologie zählt, der Nachweis eines Stoffverbrauches bei der Muskelaction, sowie der sie begleitenden Wärmeentwickelung und eine kritische Darstellung der thierischen Wärmelehre. Dies Alles bewegte sich indess noch in dem Rahmen der damals sich voll-

ziehenden Umgestaltung der Physiologie zur Physik und Chemie der Organismen. Wie erstaunten aber nicht sogar die Ihnen am nächsten Stehenden, als Sie kurz darauf in Ihrer berühmten Schrift über die Erhaltung der Kraft ein mächtiges mathematisch-physikalisches Vermögen, ungeschult und doch in scheinbar vollkommener Schulung, entfalteten. Ganz nebenher, in einer gemeinfasslichen Darlegung über die Wechselwirkung der Naturkräfte, gaben Sie, im Anschluss an die von Ihnen erweiterte Kant-Laplace'sche Theorie des Planetensystems, die erste befriedigende Erklärung der Sonnenwärme. Inmitten dieser tiefen theoretischen Forschungen liessen Sie in Ihren experimentellen Fortschritten nicht nach. Denn während noch Johannes Müller die Unmöglichkeit beklagte, in dem kleinen Bereich eines Thierkörpers etwas über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Nervenprincipes auszumachen, die er sich von gleicher Ordnung mit der des Lichtes dachte, zeigten Sie durch Versuche von bis dahin in der Physiologie ungeahnter Schärfe, dass diese Geschwindigkeit über zehnmal kleiner sei, als die des Schalles in der Luft, wobei Sie zugleich die autographische Methode der Curvenzeichnung auf den zeitlichen Verlauf der Muskelzusammenziehung übertrugen und die überraschende Thatsache eines Latenzstadiums der Reizung aufdeckten. Aber auch noch beinahe gleichzeitig traten Sie als kühnster Bahnbrecher in der Physiologie der Sinne auf. Durch messende Beobachtung der Sanson'schen Bildchen, welche bisher wohl mehr dem Dichter und Maler als dem Physiologen bedeutend erschienen waren, lösten Sie das alte Räthsel der Accommodation des Auges für das Sehen in verschiedenen Entfernungen. In dem Augenspiegel, dessen Erfindung gerade deshalb um so verdienstlicher war, je näher sie lag und je weniger doch sonst Jemand sich etwas davon hatte träumen lassen, schufen Sie ein Werkzeug, welches alsbald in Albrecht von Gräfe's Händen der Augenheilkunde neue Wege von unermesslicher praktischer

Wichtigkeit eröffnete und Ihren Namen durch die ganze Welt trug. In der Farbenlehre zerstreuten Sie Sir David Brewster's verfehlte Spectraltheorie und erweckten Thomas Young's fast vergessene glückliche Vermuthung zu sicherem neuem Leben. Nach fundamentalen Forschungen in der physikalischen Akustik bewältigten Sie in der physiologischen Akustik gleichfalls zwei uralte Probleme, das Pythagoraeische von dem Wesen der Consonanz und Dissonanz, und indem Sie Stimmgabeln die Vocale singen liessen, das Problem von der Natur der sogenannten Klangfarbe. Als Seitenstück zu Ihrer „physiologischen Optik“ entstand so Ihre erstaunliche „Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik“. Mittlerweile hatte bei Betrachtung der Meereswellen am Strande Ihres damaligen ostpreussischen Wohnortes die Hydrodynamik Ihre Aufmerksamkeit auf sich gelenkt. Aus Ihren transcendenten Studien in diesem Gebiete ging Ihre Theorie der Wirbelbewegungen hervor, welche Lord Kelvin zu dem Wagniss seiner Hypothese ermuthigte, dass die Atome der Materie ausserordentlich kleine, von Ewigkeit fort und fort sich drehende, mannigfach geknotete Wirbelringe seien. Durch alle diese, die ganze theoretische Naturwissenschaft umfassenden Arbeiten aber zieht sich endlich noch die eingehendste Beschäftigung mit der überall eingreifenden Elektricität. Sie begann mit Ihrer Feststellung des zeitlichen Verlaufes der durch Stromschwankungen inducirten elektrischen Ströme und der Vertheilung elektrischer Ströme in körperlichen Leitern, wodurch Sie der thierischen Elektricität sichere Bahnen anwiesen. Aber bald erhoben Sie sich auch hier zur Behandlung der höchsten und letzten Probleme, zur Theorie der Elektrodynamik, welche für Sie eine besondere Wichtigkeit dadurch erlangte, dass, wie Sie zeigten, das von Wilhelm Weber aufgestellte Gesetz der Fernwirkung zwischen zwei elektrischen Theilchen mit der Erhaltung der Kraft in Widerspruch geräth. In neuester

Zeit haben Sie das vor anderthalb Jahrhunderten aus dieser Akademie hervorgegangene Princip der kleinsten Wirkung im Gebiete der Elektrodynamik fruchtbar zu machen gewusst und haben sogar im weiteren Verfolg von Faraday's und Maxwell's Vorstellungen eine elektromagnetische Erklärung der Farbenzerstreuung des Lichtes gegeben. Zur Chemie, die Sie seit Ihren ersten Arbeiten vergleichsweise weniger berücksichtigt hatten, kehrten Sie noch einmal in Ihrer Thermodynamik der chemischen Vorgänge, wie überall Verständniss und Helligkeit spendend, zurück. Neben dem Allem gehen noch Ihre erkenntnisstheoretischen Bemühungen einher. Ihrem früh ausgesprochenen Principe gemäss, dass wir von der Begreiflichkeit der Natur ausgehen müssen, verwerfen Sie den Nativismus und huldigen der Lehre von dem empirischen Ursprung der Raumanschauung und anderer ähnlicher Denkformen. Sie haben ausgeführt, wie das Kind dahin gelangen könne, das ihm flächenhaft vorschwebende Bild der Gegenstände als dreidimensionalen Raum auszudeuten, und sehen Molyneux' Problem als durch Cheselden's und Wardrop's Erfahrungen im empiristischen Sinne entschieden an. In einer tiefsinnigen Untersuchung über die thatsächlichen Grundlagen der Geometrie haben Sie überdies gezeigt, dass die von Kant angenommene Kenntniss der Axiome der Geometrie aus transcendentaler Anschauung erstens eine unerwiesene, zweitens eine unnöthige und drittens eine für die Erklärung unserer Kenntniss der wirklichen Welt gänzlich unbrauchbare Hypothese ist.

Wir schweigen von Ihrem neuerlichen Streifzug in die Meteorologie, von Ihrer Bestimmung der Grenzen der Mikroskopie, von noch vielem Anderen, das hier Erwähnung verdiente. Doch es ist unmöglich, in den uns gesteckten Grenzen ein wirklich entsprechendes Bild von der Welt von Thatsachen und Einsichten, von Beobachtungen, Versuchen und Gedanken zu geben, die Sie, die höchste Analyse wie

die feinsten Instrumente mit gleicher Meisterschaft und Leichtigkeit handhabend, mit unerschöpflicher Arbeitskraft zu Tage gefördert haben. Das von uns Uebergangene würde allein hinreichen, einen hervorragenden akademischen Namen zu begründen. Das Staunen über Ihre Leistungen wächst aber noch, wenn wir uns erinnern, dass Sie, durch Alexander's von Humboldt Fürsprache von Ihren Verpflichtungen als Militärarzt entbunden, zuerst an der hiesigen Akademie der Künste plastische Anatomie, dann in Königsberg Physiologie und allgemeine Pathologie, dann in Bonn Anatomie und Physiologie, zuletzt endlich in Heidelberg Physiologie allein zu lehren hatten. Durch den 1870 erfolgten Tod Ihres Lehrers Gustav Magnus trat dann für Sie die glückliche Wendung ein, dass Sie, ein unerhörter Vorgang in der Geschichte der deutschen Universitäten, vom Lehrstuhl der Physiologie als Magnus' Nachfolger auf den Lehrstuhl der Physik berufen wurden. Seit dem 15. Januar 1857 correspondirendes, seit dem 1. Juni 1870 auswärtiges Mitglied der Akademie, sind Sie so seit dem 1. April 1871 ganz der Unsrige geworden. Nachdem Sie für die Universität ein die heutigen Anforderungen erfüllendes physikalisches Institut geschaffen hatten, sollten Sie indess noch eine Wandlung Ihrer Lage erfahren, indem Sie beauftragt wurden, für das Reich eine physikalisch-technische Anstalt zu gründen und zu leiten, welche Sie auf dem durch die grosssinnige Freigebigkeit Eines aus unserer Mitte dazu geschenkten Boden erbauen durften. Aber indem Sie zugleich fortfahren, an der Universität Vorlesungen über ausgewählte Capitel der mathematischen Physik zu halten, entrollt sich so mit einem Blick die ganze Weite des von Ihnen durchlaufenen Weges: von Ihrer mikroskopisch-anatomischen Doctor-Dissertation bis zu der in Ihren Formeln gipfelnden höchsten dem Menschen gegebenen Naturerkenntniss.

Brauchen wir den Wunsch hinzuzufügen, dass Eure Excellenz in dieser Ihrer würdigen Stellung noch lange der

Wissenschaft eine weithin strahlende Leuchte, unserer Akademie eine ruhmreiche Zierde mit derselben unvergleichlichen Productions- und Penetrationskraft bleiben mögen, welche die Welt seit einem halben Jahrhundert anstaunt und preist?

Am 4. November richtet Helmholtz seine Antwort an du Bois:

„Verehrter Freund, als Vorsitzender Secretär ersuche ich Dich, der Königlichen Akademie der Wissenschaften den Ausdruck meines tiefgefühlten Dankes für die in ihrem äusseren Schmucke, wie in ihrem rednerischen Ausdrucke und ihrem Inhalte so ungewöhnlich schöne Zuschrift vorzulegen, mit welcher die Akademie des von mir gefeierten 50jährigen Doctorjubiläums gedacht hat. Ich selbst kann den Zweifel nicht ganz unterdrücken, ob ich eines so hohen Lobes würdig bin, aber für die Meinigen wird diese Zuschrift ein ehrenvolles Document bleiben, welches ihnen bis in ferne Generationen hin verkünden wird, dass ihr Vorfahr das Eine erreichte: den Besten seiner Zeit zu genügen."

Helmholtz vermuthete aus Inhalt und Form jener ausgezeichneten Adresse in du Bois den Verfasser derselben, und dieser erwidert ihm am 7. November:

„Du kennst den Schützen, suche keinen anderen, und auch das Latein auf Deinem erneuten Diplom habe ich verbrochen; leider habe ich zu spät gefunden, dass Du auf Deiner Dissertation Dich Arminius genannt hast, da, wo heute Mode geworden ist, Hermannus zu sagen. Ich bin sehr glücklich, dass Du mit meiner Ansprache wenigstens nicht unzufrieden zu sein scheinst, ich kenne deren schwache Seiten nur zu gut, tröste mich aber damit, dass die Aussenstehenden davon nicht viel gewahr werden. Uebrigens war es mir abgesehen von der Hast, mit der ich fertig werden musste, eine liebe Arbeit, denn ich war dabei mit Herz und Phantasie . . ."

Ein Jahr später verfasste Helmholtz die von der

Akademie an du Bois gerichtete, schon früher erwähnte Gratulationsadresse zu dessen 50 jährigem Doctorjubiläum.

Die Arbeiten von Helmholtz über das Princip der kleinsten Wirkung und dessen Bedeutung in der Elektrodynamik hatten Hertz, welcher wegen Krankheit in seinen grösseren experimentellen Arbeiten immer längere Unterbrechungen eintreten lassen musste, zu theoretischen Arbeiten von der hervorragendsten Bedeutung geführt.

Im December 1892 schreibt er an Helmholtz:

„Es war mir sehr schmerzlich, als Ew. Excellenz im Anfang November das 50jährige Doctorjubiläum feierten, dass ich durch Krankheit verhindert war, Ihnen meine Glückwünsche zu übersenden. Ich dachte viel an die Feier, aber es war mir unmöglich zu schreiben, und ich dachte deshalb meinen Glückwunsch später bei passender Gelegenheit darzubringen. Nun ist es freilich ein trauriger Anlass, welcher mich meine Versäumniss gerade jetzt nachholen lässt; ich wünschte Ew. Excellenz auch mein inniges Beileid auszusprechen bei dem Verluste Werner v. Siemens'. Ich begreife, wie schwer Ew. Excellenz diesen Verlust des ebenbürtigen Freundes und Verwandten empfinden, mit welchem zusammen Sie das Emporblühen der Naturwissenschaft in Deutschland erlebten und herbeiführten. Möge Gott Sie selbst recht viele Jahre gesund erhalten als Vorbild und als Gegenstand der Verehrung für uns Jüngere.

Ich habe während meiner Krankheit gehört, dass Ew. Excellenz sich bei Professor Pflüger erkundigt haben, und diese Theilnahme hat mir unendlich wohl gethan, ich bin jetzt fortwährend in der Besserung, aber diese geht doch so langsam und mit so vielen kleinen Zwischenfällen voran, dass das Frühjahr oder der Sommer herankommen dürfte, ehe ich wieder ganz gesund und arbeitsfähig bin.

Ew. Excellenz haben sich auch bei Dr. Richarz, wie er mir sagte, nach meiner jetzigen Arbeit erkundigt. Ich habe in den letzten Zeiten durchaus theoretisch ge-

arbeitet über Dinge, zu welchen ich durch das Studium Ihrer Arbeiten über das Princip der kleinsten Wirkung angeregt wurde. Ich habe mich gefragt, welche Gestalt man der Mechanik, von dem ersten Anfang an, geben müsse, damit das Princip der kleinsten Wirkung an den Anfang gestellt werden könne, und dass die verschiedenen Formen desselben nicht als Resultate verwickelter Rechnung, sondern als einleuchtende Wahrheiten von einfacher Bedeutung erscheinen und sich klar und deutlich als verschiedene Formen eines und desselben Satzes darstellen. Ich bin auch in gewissem Grade zufrieden mit meinen Erfolgen, aber ich habe doch noch ein halbes oder ein ganzes Jahr an der Sache zu arbeiten, und da jetzt meine Krankheit eine Unterbrechung macht, so muss ich vielen als unthätig erscheinen. Ich bitte Ew. Excellenz zu glauben, dass ich nicht unthätiger bin, als ich jetzt durch die Krankheit gezwungen werde.

Eine sehr merkwürdige Entdeckung hat hier in den letzten Wochen Herr Dr. Lenard, mein Assistent, gemacht. Er hat Geissler'sche Röhren durch Aluminiumplättchen von äusserster Dünne verschlossen, und es ist ihm gelungen, Plättchen von solcher Dicke zu erhalten, dass dieselben schon vollständig luftdicht schliessen und doch noch so dünn sind, dass ein merklicher Theil der Phosphorescenz erregenden Kathodenstrahlen hindurchgeht. Dabei hat er gefunden, dass sich diese Strahlen, einmal erzeugt, auch im lufterfüllten Raume fortpflanzen, in verschiedenen Gasen verschieden gut, wodurch ein ganz neues Feld der Untersuchung geöffnet ist, denn man kann nun die Erzeugung dieser Strahlen von ihrer Beobachtung vollständig trennen. Ich habe ihm gerathen, die Wichtigkeit seines Resultates dadurch zu documentiren, dass er zunächst eine kurze Mittheilung der Berliner Akademie schickt. Ich hoffe, sie wird seiner Zeit der Aufnahme in die Sitzungsberichte für würdig gehalten werden.

Ich schliesse, indem ich nochmals meine verspäteten Glückwünsche wiederhole.

Voll Ehrfurcht und Dankbarkeit verharre ich immer..."

Schwer lastete auf Helmholtz die Gewissheit, dass Hertz in kurzer Zeit seinem Ende entgegengehe.

Am 6. December 1892 hatte ihn der Verlust seines treuen Freundes Werner von Siemens getroffen. Die vornehme Gesinnung des genialen Mannes, der mit Recht in seinen Lebenserinnerungen sagen durfte, dass er nie ein Unternehmen ins Werk gesetzt habe, bloss um sich zu bereichern, sondern dass er stets das allgemeine Wohl dabei im Sinne gehabt, hatte von jeher Helmholtz sympathisch angemuthet, seine enorme Thatkraft, welche immer den so hoch und ideal als möglich gesteckten Zielen in den realen Verhältnissen Rechnung zu tragen wusste, hatte Helmholtz während seines ganzen Lebens fördernd zur Seite gestanden und noch kurz zuvor ihm den Boden zu seinem Arbeitsfelde geebnet. Der unersetzbare Verlust dieser Quelle sprudelnder Genialität und liebenswürdigsten Realismus liessen Helmholtz die Vereinsamung auf vielen Gebieten geistigen Schaffens wie im anregenden Verkehr des täglichen Lebens tief und schmerzlich empfinden.

Unaufhörlich folgten die Sorgen um die gefährdete Lebenskraft seines Sohnes Fritz, dessen wiederkehrende Leiden seine Energie lähmten und seiner geistigen Entwickelung andauernd Hindernisse in den Weg legten — Beruhigung und Ergebenheit in sein Schicksal konnte Helmholtz nur wieder durch die intensivste geistige Arbeit zu Theil werden.

An allen neuen Entdeckungen und Untersuchungen nahm er den regsten Antheil; so schrieb er am 20. November an seinen alten Heidelberger Schüler Lippmann in Paris, als dieser ihm seine farbigen Photographien eingesandt:

„... Ich hatte noch keine Proben dieser Ihrer famosen Erfindung selbst gesehen und bin erstaunt über die Sätti-

gung und Intensität dieser Farben.... Die Grundzüge Ihrer Theorie der Erscheinung scheinen mir unzweifelhaft richtig zu sein, aber Einiges verstehe ich noch nicht ganz, z. B. dass man den Reflex der grünen Pflanzenblätter beim Drehen der Platte in ihrer Ebene nur in einer bestimmten Richtung sieht. ... Ich hatte eigentlich vor, schon in diesem August mich persönlich meinen neuen Collegen von der Akademie vorzustellen, bin aber schliesslich durch die Scheu vor der Cholera-Quarantaine zurückgehalten worden."

Am 15. December 1892 legte Helmholtz der Berliner Akademie eine Arbeit vor, betitelt „Elektromagnetische Theorie der Farbenzerstreuung", die ihn schon längere Zeit beschäftigt hatte.

Die herrschende Optik hatte früher entschieden den Gedanken abgewiesen, dass die Wellen des Lichtes auch wohl anderer als elastischer Natur sein könnten. Maxwell wusste in seiner 1865 unter dem Namen der elektromagnetischen Lichttheorie veröffentlichten Arbeit zwei Vermuthungen, die jede für sich so fern lagen, derart mit einander zu verknüpfen, dass sie sich gegenseitig stützten. Bewegte Elektricität übt magnetische Kräfte, bewegter Magnetismus elektrische Kräfte aus, diese Wirkungen werden aber nur bei sehr grossen Geschwindigkeiten merklich. Die Constante, welche die Wechselbeziehungen zwischen Elektricität und Magnetismus beherrscht, ist eine sehr hohe Geschwindigkeit, die sich der Geschwindigkeit des Lichtes gleich zeigt. Die Erklärung der Farbenzerstreuung nun auf Grundlage der elektromagnetischen Theorie des Lichtes ist nur möglich mit Rücksicht auf die ponderabeln Massen, welche dem Aether eingelagert sind, da die Dispersion des Lichtes zu denjenigen Vorgängen gehört, welche, wie die Brechung, die galvanische Leitung, die Ansammlung wahrer Elektricität und das Bestehen magnetischer Pole, niemals im reinen Aether eines Vacuums, sondern nur in oder an der Grenze von Räumen vorkommen, die ausser dem Aether

auch ponderable Masse enthalten. Nun erkannte Helmholtz wohl, dass nach der mathematischen Theorie von Maxwell auch ponderomotorische Kräfte innerhalb des von elektrischen Oscillationen durchzogenen Aethers wirksam werden müssen und eventuell schwere Atome, die im Aether liegen, in Bewegung setzen könnten. Aber wenn die ponderabeln Theilchen nicht selbst elektrisch sind, wären diese Kräfte den Quadraten der elektrischen und magnetischen Momente des oscillirenden Aethers proportional, und also für negative Werthe derselben in Grösse und Richtung gleich denen für positive. Sie würden deshalb während jeder Schwingungsperiode zweimal ihren grössten und zweimal ihren kleinsten Werth erreichen, so dass sie in der Regel nicht Schwingungen von der Länge einer einfachen Periode hervorbringen oder unterstützen könnten. Nur wenn die wägbaren Theilchen Ladungen wahrer Elektricität enthalten, können die periodischen Wechsel der elektrischen Momente im Aether ponderomotorische Kräfte der gleichen Periode hervorbringen. Die entsprechende Annahme, dass eingelagerte Atome nur nördlichen oder nur südlichen Magnetismus enthalten sollten, lässt Helmholtz als zu unwahrscheinlich bei Seite. Dagegen haben die elektrolytischen Erscheinungen, namentlich Faraday's Gesetz der elektrolytischen Aequivalente, Helmholtz schon viel früher zu der Annahme geführt, dass elektrische Ladungen von bestimmter Grösse an den Valenzstellen chemisch verbundener Ionen haften, die bald positiv, bald negativ sein können, aber überall dieselbe absolute Grösse für jede Valenzstelle eines jeden Atoms haben müssen.

Helmholtz nimmt also an, dass die eingelagerten Atome Träger von bestimmten Mengen wahrer Elektricität seien, wie es das Faraday'sche Gesetz verlangt. Wird nun der Aether in der Nähe eines Paares verbundener Ionen von elektrischen Kräften getroffen und diëlektrisch polarisirt, so wird die Axe des Ionenpaares verlängert oder verkürzt werden und der Richtung der Kraftlinien zu- oder von

ihr abgelenkt. Angenommen muss werden, dass die Kräfte, die von den Ionen als ihren Centren ausgehend sich im Raume ausbreiten, bei eintretenden Lagenänderungen der Moleküle sich in solcher Art verändern und im Raume fortschieben, wie es Maxwell's Gleichungen beschreiben. Das einzige, was die elektrochemische Theorie mehr verlangt, als bisher in Maxwell's Gleichungen vorgesehen ist, ist die Möglichkeit, dass diese Centralpunkte elektrischer Kräfte bei chemischen Umsetzungen von einem zum andern Ion herüber gleiten können, und zwar unter grosser Arbeitsleistung, so, als ob sie an einem substantiellen Träger hafteten, der von den Valenzstellen verschiedenartiger Ionen mit verschiedener Kraft angezogen würde. Wird der ein Paar verbundener Ionen umgebende Aether von elektrischen Kräften getroffen und dadurch diëlektrisch polarisirt, so werden die entgegengesetzt polarisirten Ionen den in Richtung der Kraftlinien fallenden Spannungen ausgesetzt, also zwei gleich grossen, aber entgegengesetzt gerichteten Kräften, die mit einander ein Kräftepaar bilden, welches den Schwerpunkt des Moleküls nicht in Bewegung setzen, wohl aber die elektrische Axe des Moleküls verlängern oder verkürzen, sie der Richtung der Kraftlinie zu- oder ablenken würde.

Das durch diese Voraussetzung mathematisch bestimmte Problem führt auf ein kinetisches Potential, dessen genaue Discussion die anomale Dispersion richtig wiedergiebt. Er zeigt, dass in den zu bildenden Bewegungsgleichungen die elektrischen Momente, da auch noch nicht elektrische Kräfte, Beharrungsvermögen, Reibung u. s. w., hinzukommen, von denen des freien Aethers zu trennen und die Wellenschwingungen in dem mit beweglichen Molecülen beladenen und im freien Aether besonders zu untersuchen sind, und leitet aus den entwickelten mathematischen Ausdrücken her, dass das normale Dispersionsspectrum durch Absorptionen im Ultraviolett hervorgerufen werden kann. Ein in der mathematischen Entwickelung begangenes Versehen, welches

zu Widersprüchen zwischen der Helmholtz'schen Theorie und den früheren Dispersionstheorien führte, wurde später von Reiff bemerkt.

Besonders interessant ist die Folgerung, dass zwischen den elektrischen und magnetischen Schwingungen sowie zwischen den elektrischen Schwingungen und denen der Ionen Phasendifferenzen existiren, so dass starke Schwingungen die Ionen möglicherweise aus ihren Verbindungen reissen können, namentlich wenn noch eine elektrostatische Ladung der Substanz hinzukommt; es würde dann bei allen Substanzen, wo starke Absorption an der Grenze des Ultraviolett vorkommt, die von Hertz beobachtete Entweichung der Elektricität unter dem Einfluss der violetten Strahlen eintreten können. Für nicht absorbirende Medien führt die Theorie auf eine Dispersionsformel, die sich der von Cauchy nähert; durch die Brechung wird vollständige Polarisation erzeugt, und wenn die elektrischen Schwingungen in der Einfallsebene angenommen werden, ergiebt sich Fresnel's Werth für die Intensität des reflectirten Strahles in der andern Polarisationsrichtung. In einem Zusatz wird die Prüfung der Dispersionsformel an den Beobachtungen von Fraunhofer angestellt, die sehr befriedigende Resultate liefert.

Zum fünfzigjährigen Doctorjubiläum seines ältesten Freundes du Bois verfasste er im Februar dieses Jahres im Auftrage der Akademie der Wissenschaften eine von den Gefühlen inniger Zuneigung und hoher Werthschätzung der Leistungen seines ehemaligen physiologischen Mitarbeiters getragene Adresse. Der Bewunderung der physiologischen Arbeiten von Helmholtz, denen du Bois früher so schöne Worte geliehen und der rückhaltlosen Anerkennung desselben, dass Helmholtz sich vor 50 Jahren in kürzester Zeit zu dem bei Weitem bedeutendsten der Jünger Johannes Müller's emporgearbeitet, sucht Helmholtz unverkennbar in den Worten zu begegnen: „Sie blieben nicht allein in

dem Kampfe für die wissenschaftlichen Grundlagen der Physiologie, aber auch Ihre mitkämpfenden Freunde haben immer anerkannt, dass Sie es waren, der unter ihnen allen die strengsten Anforderungen an sich selbst und an die Zuverlässigkeit der als Beweismittel vorgeführten Thatsachen gestellt hat, und am unermüdlichsten und erfindungsreichsten in der Aufsuchung neuer Versuchsmethoden war.“ Wie sein Vater und er ein halbes Jahrhundert zuvor es gethan, so preist er auch jetzt wieder an du Bois sein „grosses Talent für Formenschönheit der Rede“ und sieht in seinen Festreden in der Akademie „mustergültige Beispiele rednerischer Darstellung an meist naturwissenschaftlichen Themen“.

Vereinzelte Ehrenbezeugungen, die ihm zum 50 jährigen Doctorjubiläum zugedacht waren, folgten noch beim Beginn des Jahres 1893; er wurde Membre honoraire de l'Association des Ingenieurs électriciens sortis de l'Institut Montefiori à Liège und Honorary Member of the Royal Medical Society zu Edinburgh.

Nachdem Helmholtz seine Wintervorlesung geschlossen, noch einer interessanten Sitzung der Luftschiffahrtscommission beigewohnt und bei der grossen dritten Fahrt selbst anwesend gewesen, welche in den ersten Tagen des März stattfand, aber nicht ganz nach Wunsch ausgefallen war, reiste er im April zur Hochzeit der Tochter seines Bruders Otto nach Ruhrort und war dort körperlich und geistig so frisch, dass Augenzeugen nicht genug von seiner Unterhaltungsgabe und seiner jugendfrischen Heiterkeit zu erzählen wussten. Den Frühling verlebte er, nachdem er sich in Baden-Baden einige Wochen erholt hatte, in vollster Kraft. Eine grosse Reihe von Abenden blieb in seinem Hause wie von je der Musik geweiht, bei denen die ersten Künstler sein Urtheil anstrebten. Als Steinway ihm aus Amerika einen neuen Flügel geschickt, setzte er sich selbst recht oft an denselben, um seine Wagner'schen Partituren da-

rauf zu studiren; „er könne kein Instrument gut spielen, aber alle etwas, weil er sich so viel damit beschäftigt habe; ausserdem verschärfe sich auch das Gehör sehr durch dauernde Beschäftigung mit den Tönen“.

Um diese Zeit kam von seinem alten Freunde Knapp in New-York die dringende Einladung, die Weltausstellung in Chicago zu besuchen und sich seiner Führung anvertrauen zu wollen. Doch Helmholtz antwortete:

„.... Wäre Werner von Siemens am Leben geblieben, so hätte ich es vielleicht ausgeführt und wäre dann natürlich ihrer liebenswürdigen Einladung gefolgt, und hätte Sie in Ihrem neuen Vaterlande und in Ihrem dort erworbenen Wirkungskreise kennen gelernt. Das wäre für mich gleichzeitig die beste und interessanteste Einführung in amerikanische Verhältnisse geworden. Und Amerika in seinem regelmässigen und gewöhnlichen Treiben kennen zu lernen, würde für mich immer eine grosse Anziehungskraft gehabt haben. Für die grossen Ausstellungen dagegen habe ich niemals mich begeistern können und nie gefunden, dass man dort irgend etwas von Bedeutung lernt, was man nicht vorher schon gewusst hätte, oder was der Unruhe und Aufregung, die man dabei durchmachen muss, werth wäre. So habe ich mich denn entschlossen, nicht nach Chicago zu gehen... Ich habe mich durch Dr. A. König bestimmen lassen, meine Vorlesungen über mathematische Physik, einen Cursus, der sich durch 6 Semester hinzieht, herauszugeben. Sie sehen, ich räume auf. Wenn man aber sieht, wie die Freunde ringsum scheiden, sieht man, dass es Zeit zum Aufräumen ist.“

Aber der von allen Seiten ausgeübte Druck, mit der Motivirung, dass er als grösste Autorität und gewaltigster Repräsentant deutscher Naturforschung bei dem grossartig geplanten Zusammenfluss aller Vertreter der theoretischen und technischen Wissenschaften nicht fehlen dürfe, war so gross, dass er nach mannigfachem Hin- und Herschwanken

den folgenschweren Entschluss fasste, Amerika zu besuchen.

„Nun ist es endlich dazu gekommen“, schreibt er am 20. Juni Knapp, „dass ich von unserer Regierung die Anfrage und Aufforderung erhalten habe, ob ich als Deutscher Delegirter zum Elektrischen Congress, der am 21. August eröffnet werden soll, mich nach Chicago begeben wolle. Der Entschluss ist mir etwas schwer geworden, denn obgleich ich mich selbst noch nicht als alten Mann fühle und noch nicht die allmählich eintretenden mancherlei kleinen Beschwerden des Alters als erhebliche Hemmnisse fühle, so sind doch meine Frau und Freunde ziemlich aufgeregt über meinen Entschluss, noch im 72. Jahre eine solche Reise antreten und im Wesentlichen unbegleitet machen zu wollen, und finden es ein unverantwortliches Wagniss. . . . Meine Frau hat gestern an Sie telegraphirt und angefragt, ob Sie im August in New-York sein würden, um einige Beruhigung darin zu finden, dass Sie wenigstens dort für mich sorgen würden und mir Rath und Hülfe verschaffen könnten, selbst wenn Sie Ihre so liebenswürdigen Anerbietungen, mich auf einem Theil der Reise zu begleiten, nicht mehr ohne Schwierigkeiten erfüllen könnten. . . . . Ich rechne, dass ich am 5. August von Bremen mit dem Lloyd-Dampfer „Kaiser Wilhelm“ abreisen werde, also etwa am 14. in New-York eintreffe, gegen den 20. in Chicago sein muss und dort etwa 14 Tage bleiben werde, da mein amtlicher Auftrag nur auf den elektrischen Congress lautet, und den Rest des September noch mich etwas in den U. S. umsehen kann. Ich weiss sehr wohl, dass das Land die eigentliche Zukunft der civilisirten Menschheit repräsentirt, und dass es eine grosse Zahl interessanter Menschen einschliesst, während wir in Europa das Chaos oder die russische Weltherrschaft immer näher rücken sehen . . .“

Aber Familie und Freunde hegten die schwersten Besorgnisse wegen der grossen Strapazen, denen der wenn

auch scheinbar noch äusserst kräftige Mann sich aussetzen wollte, und alle verlangten, wenn er den Entschluss nicht gänzlich fallen lassen wollte, dass seine Frau ihn begleite. Dies theilte nun Helmholtz dem Ministerium mit und stellte als Bedingung für die Uebernahme des amtlichen Auftrages eine Erhöhung der Reisekosten, welche es seiner Frau ermöglichen würde, ihn begleiten zu können.

Nachdem ihm von Seiten des Ministeriums mitgetheilt worden, dass sein Reisekosten-Aversum mit Genehmigung des Reichskanzlers nach seinen Wünschen erhöht worden, schreibt er am 22. Juli 1893 an den Minister v. Bötticher:

„Ew. Excellenz habe ich die Ehre auf die mir heute Morgen zugegangene ausserordentlich gütige Zuschrift gehorsamst zu erwidern, dass ich nunmehr mit Freuden bereit bin, das mir aufgetragene Commissorium bei dem in Chicago zu haltenden internationalen Elektriker-Congress zu übernehmen. Die Bedenken, welche mein Arzt sowie Angehörige und Freunde gegen eine so weite und in geistiger wie in körperlicher Beziehung anstrengende Reise in noch sehr heisser Jahreszeit mir gegenüber erhoben hatten, werden durch die mir von der Kaiserlichen Regierung gütigst gewährten breiteren Hülfsmittel in der That, soweit es möglich ist, beseitigt. Ich werde mich sogleich daran machen, meine Abreise mit dem Bremer Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm“ für den 5. August vorzubereiten, und behalte mir vor, die Gesuche um die nöthigen Instructionen und Legitimationen demnächst Ew. Excellenz vorzulegen.

Ausserdem habe ich noch den Auftrag von meiner Frau, die entschlossen ist, mich zu begleiten, ihren besonderen Dank für Ew. Excellenz theilnahmsvolle Berücksichtigung ihrer Besorgnisse auszudrücken. . . .“

So rüstete er sich zur Abreise, schloss seine Vorlesung früher als gewöhnlich, legte aber zuvor noch am 6. Juli der Akademie eine wichtige Arbeit vor, betitelt „Folgerungen aus Maxwell's Theorie über die Bewegungen des reinen Aethers“.

In Maxwell's Theorie der Elektrodynamik wird dem Aether, der als Träger der elektrischen und magnetischen Kräfte gilt, Beweglichkeit zugeschrieben, und es werden auch Werthe für die Richtung und Intensität der Bewegungskräfte angegeben, die auf ihn wirken. Diese Annahme führt in keine Schwierigkeit, so lange wir uns den Aether als durchdrungen von ponderabler Substanz vorstellen, die sich mit ihm bewegt. Aus den physikalischen Erfahrungen kann man aber schliessen, dass in der That solche Gemenge von Aether und ponderabler Materie, seien sie continuirlich oder discontinuirlich vertheilt, in allen Substanzen vorkommen, die entweder leitend oder lichtbrechend gegen das Vacuum sind oder Werthe der diëlektrischen und magnetischen Constanten haben, die von denen des Vacuums abweichen. Den ponderablen Theilen dieser Medien wird auch Beharrungsvermögen zukommen, und so weit wir uns diese Theile continuirlich vertheilt und fest anhaftend am Aether vorstellen dürfen, würden dieselben unter dem Einfluss endlicher ponderomotorischer Kräfte auch nur endliche Beschleunigungen empfangen; man würde dann nach den Bewegungen der wägbaren Theile, soweit diese beobachtbar oder durch die Theorie zu bestimmen sind, auch die damit übereinstimmenden Bewegungen des Aethers erschliessen können. Die Beobachtungen über die durch Bewegung der wägbaren Körper inducirten elektromotorischen Kräfte waren in Uebereinstimmung mit Maxwell's Theorie. Anders liegt nach Helmholtz die Sache für die von wägbaren Körpern freien, nur mit Aether gefüllten Räume, als welche uns der Weltraum, beziehlich die Molecularinterstitien der schweren Körper entgegentreten. In diesen Fällen tritt die Frage auf, ob reiner Aether ganz frei von allem Beharrungsvermögen bestehen und den Maxwell'schen Gleichungen genügen kann, und welche Bewegungen er in solchem Falle ausführen müsste. Damit hängt eng die Frage zusammen, ob er den sich durch ihn hinbewegenden wägbaren Körpern

ausweichen muss oder sie durchdringt, dabei entweder ganz in Ruhe bleibend oder sich zum Theil mit ihnen bewegend, zum Theil ausweichend nach der Vorstellung von Fresnel.

Helmholtz macht nun die Voraussetzung, dass der reine Aether in mechanischer Beziehung die Eigenschaften einer reibungslosen, incompressibeln Flüssigkeit habe, dabei aber ganz ohne Beharrungsvermögen sei, und findet, dass unter dieser Annahme die von Maxwell aufgestellten und von Hertz durch explicite Einführung der Geschwindigkeitscomponenten vervollständigten Gesetze in der That geeignet sind, vollständigen Aufschluss über die Gesetze der im Aether auftretenden Veränderungen und Bewegungen zu geben. Die Zusammenfassung der Gesetze der Elektrodynamik unter das Princip der kleinsten Wirkung stellt ein in sich vollständiges System von Wirkungen und Gegenwirkungen dar und bedarf keiner weiteren Ergänzung als der Einführung der Hypothese der Incompressibilität. Es gelingt ihm, dies dadurch nachzuweisen, dass dem früher von ihm aufgestellten Ausdrucke für das elektrokinetische Potential ein Ausdruck hinzugefügt wird, welcher für jede Bewegung einer incompressibeln Flüssigkeit den Werth jenes Potentials nicht ändert. Helmholtz findet, dass, wenn der nicht frei bewegliche Aether ruht, die ponderomotorischen Kräfte, welche theils von elektrischen Spannungen herrühren, theils magnetischen Ursprungs sind und sich nicht auf ein Potential zurückführen lassen, sondern in sich selbst zurücklaufende Kraftlinien hervorrufen, nur dann im Aether vorhanden sind, wenn der Energiestrom in der Zeit steigt oder nachlässt, dass sie ferner durch die Incompressibilität des Aethers nicht aufgehoben werden und den Aether selbst in Bewegung setzen müssen. Wenn dagegen der Aether frei beweglich ist, würden cyklische Kräfte, die durch den Druck nicht im Gleichgewicht gehalten werden können, augenblicklich strömende Bewegungen des Aethers hervorrufen müssen, die jeden Grad von Geschwindigkeit erreichen und

sich so weit steigern können, bis die inducirten Kräfte die ponderomotorischen Kräfte vernichten.

Diese äusserst schwierigen Fragen beschäftigen Helmholtz jetzt unausgesetzt, und wir finden eine gleichzeitige Aufzeichnung, welche einen erneuten Versuch macht, diese Fragen mathematisch zu ergründen, aber im Laufe dieses Jahres nicht mehr weitergeführt werden konnte; sie ist betitelt: „Wie man sich die Bewegung des Aethers in Maxwell's Theorie der Elektrodynamik denken darf?“ Wenn auch die Aufgabestellung im Wesentlichen keine andere ist als in der eben erwähnten Arbeit, so ist doch die Einleitung zu der beabsichtigten erneuten Durchführung klarer und durchsichtiger und mag deshalb hier eine Stelle finden:

„Maxwell's Theorie der Elektrodynamik umschliesst die durch Bewegung der ponderabeln Träger inducirten elektrischen und magnetischen Kräfte; deshalb kommen in der von H. Hertz entwickelten expliciten Form der elektrodynamischen Gleichungen auch die Componenten der Geschwindigkeit vor, mit der das Medium sich fortbewegt, welches den Träger der elektrischen und magnetischen Kräfte bildet. Wenn dieses Medium ponderable, mit dem Aether sich bewegende Substanzen enthält, können wir mittelst der gewöhnlichen Beobachtungsmethoden die Art der Bewegung dieser Medien erkennen und kennen auch die Gesetze derselben hinreichend gut, um Schlüsse auf ihre Natur und Grösse zu ziehen in denjenigen Fällen, die der directen Beobachtung sich entziehen. Nur tritt natürlich dabei die Frage auf, ob sich der darin enthaltene Aether ganz ebenso, wie die ponderabeln Bestandtheile der betreffenden Medien bewegen. In den bisherigen Erklärungsversuchen der beobachtbaren Erscheinungen ist das meist angenommen worden und hat zu keinen Widersprüchen geführt, woraus allerdings nicht viel zu schliessen ist, da in den meisten Fällen der Anwendung die elektrodynamischen Wirkungen der zwischen den bewegten Leitern liegenden

isolirenden Mittel ausserordentlich schwach sind, verglichen mit denen der bewegten Leiter.

Die Bewegungen ponderabler Diëlelektrica werden auch immer mit endlichen Geschwindigkeiten vorgehen müssen, da solche Medien nothwendig immer ein gewisses Mass von Trägheit haben und endliche Kräfte ihnen also auch nur endliche Beschleunigungen mittheilen können. Zunächst aber bleibt die Frage vollkommen offen, wie sich der reine Aether bewegen mag, der im Vacuum des Weltraums oder auch in den Molecularinterstitien der ponderablen Atome liegt.

Wenn auf dessen Inneres magnetische oder elektrische Bewegungskräfte einwirken können, die durch keine widerstrebende Kraft äquilibrirt werden, so würden dieselben Bewegungen von unendlicher Geschwindigkeit erzeugen müssen, an denen unsere Erklärungsversuche scheitern würden. Wir werden also zur Untersuchung der Frage schreiten müssen: Können nach den Voraussetzungen der Maxwell'schen Theorie ponderomotorische Kräfte im reinen Aether vorkommen, und können dieselben durch irgend welche Bewegungen des Aethers, beziehlich durch innere Kräfte des Aethers, die seinen übrigen Attributen nicht widersprechen, auf Null reducirt werden?"

Helmholtz findet durch mathematische Betrachtungen, dass „ponderomotorische Kräfte, die im Innern des Aethers kein Gleichgewicht finden, bestehen, so oft Lichtbewegung in ihm abläuft, und zwar ist die Richtung der ponderomotorischen Kraft in jedem Punkte des reinen Aethers dabei parallel derjenigen Richtung, nach welcher der Strom der Energie am meisten beschleunigt wird".

Er zeigt weiter, dass allgemein genommen das Gleichgewicht im incompressibeln Aether davon abhängt, ob die ponderomotorischen Kräfte eine Kräftefunction besitzen; ist dies nicht der Fall, so ist die Arbeit der ponderomotorischen Kräfte längs geschlossener Wege nicht nothwendig gleich Null und würde also unendliche Bewegung

auf solchem Wege hervorbringen können, wenn nicht durch die eintretende Lichtbewegung die betreffende Gruppirung der Kräfte gleich beseitigt würde.

„Wir können solche Kraftlinien, die in sich selbst zurücklaufen, und bei denen das Längenintegral der Kraftcomponente von Null verschieden ist, entsprechend wie bei den Stromlinien von Wirbeln, cyklische Kraftlinien nennen. Wo solche bestehen, wird auch nothwendig Lichtbewegung bestehen, welche dieselben fortführt. Die hier übrig bleibenden ponderomotorischen Kräfte sind indessen bei der Lichtbewegung, wo die elektrischen und magnetischen Momente als verschwindend kleine Grössen aufzufassen sind, kleine Grössen zweiten Grades und wechseln während jeder Schwingungsperiode zweimal ihr Zeichen, so dass sie für gewöhnlich vernachlässigt werden können.

Immerhin zeigt dieser Umstand eine Lücke in der Theorie an, wenn man den Aether als eine Masse ohne Beharrungsvermögen betrachten wollte, da eine solche durch jede Kraft in unendlich schnelle Bewegung versetzt werden müsste. Aber das Beharrungsvermögen des Aethers dürfte ausserordentlich klein sein; wenn es sich zu dem einer ponderabeln Masse von der Einheit der Dichtigkeit nur verhielte, wie die Wellenlänge zur Lichtgeschwindigkeit, würde es die Bewegungen endlich halten können. Wir würden bei einer derartigen Annahme uns nicht wundern dürfen, dass eine solche Dichtigkeit des Aethers bei den uns bekannten Phänomenen nie zur Erscheinung gekommen ist.

Da nun transversale Wellen, die im Aether hervorgerufen worden sind, mit Lichtgeschwindigkeit ihren Ort verlassen und in unendliche Ferne hinauslaufen, wenn sie nicht vorher auf absorbirende Theile des Mediums getroffen und von diesen ausgelöscht sind, so folgt daraus, dass auch diejenigen Componenten jeder Gleichgewichtsstörung des Aethers, die cyklischen Kraftlinien entsprechen, sogleich vom Orte ihrer Entstehung verschwinden und nur solche

Spannungen zurücklassen werden, die einem dauernden Gleichgewichtszustand der elektrischen und magnetischen Kräfte entsprechen, wobei die Kräfte durch die Differentialquotienten eines elektrischen oder magnetischen Potentials dargestellt werden, was in der That der Wirklichkeit vollkommen entspricht.

Aber auch in denjenigen Fällen, wo Elektricität und Magnetismus an ponderabeln Körpern haftet, welche sich mit Geschwindigkeiten bewegen, welche verschwindend klein, verglichen mit der Lichtgeschwindigkeit, sind, ist zu erwarten, dass auch dann die cyklischen Spannungen so schnell verschwinden, dass der Zustand des reinen Aethers in jedem Augenblicke dem augenblicklichen Gleichgewichtszustande entspricht, wie er unter der Einwirkung der in den ponderabeln Massen enthaltenen elektrischen oder magnetischen Quanta und Ströme zu Stande kommen muss. Dann würden nur noch die Bewegungen des Aethers, die von der Oberfläche des Raumes her hervorgerufen werden, elektrische und magnetische Aenderungen hervorrufen können."

Am 6. August erfolgte der Aufbruch zu der folgenschweren Amerikafahrt.

Einer gewissen Angst konnte sich seine Frau nicht erwehren. So hatte sie ihrer Tochter am 23. Juli geschrieben:

„Es ist zwar noch gar nichts Bemerkenswerthes geschehen, seit der Schlafwagen mit Euch in die schwarze Nacht gefahren ist und eigentlich Alles, was wir Liebes auf Erden haben, hinausgetragen hat — wir standen etwas einsam mit dem Gefühl, dass Altwerden nicht schön ist, und dass es besser ist, dann zu gehen, wenn man Anderen noch eine Freude sein kann, nicht nur eine Pflicht geblieben ist. Vielleicht hat dieses stille Berliner Abschliessen das Gute, wenigstens uns die Seereise als etwas weniger Unnatürliches erscheinen zu lassen . . ."

Sie fügte am 28. Juli hinzu:

„. . . Ich hoffe, die Reise soll Papa gut bekommen; er

sieht jetzt so müde und weiss aus — und ich fürchte jede kleine Extra-Anstrengung für ihn. Mehr und mehr wird er seiner Büste ähnlich, als habe Hildebrand das Kommende geahnt und festgesetzt in Ausdruck und Haltung; auch ist es mir unsagbar wehmüthig, inne zu werden, dass dies das wirkliche Alter bedeutet, was ich mir als Vorstellung so lange ferne gehalten habe. Dieser Erkenntniss gegenüber wird meine Aufgabe auch eine ganz andere, und als solche werde ich sie auch zu führen suchen, soviel Kräfte uns Gott dazu giebt. Er lasse mich auch an Dich und Dein Leben als Ruhepunkt und als Licht und Freude in den kommenden Schattenzeiten denken . . . Wie anders wäre Alles, wenn Robert mit seinem Vater hinüberführe! Aber alles „wäre" bringt keine Stunde zurück, und das innere Nahesein bleibt ja doch bestehen . . . Gott bewahre Jeden vor diesem Jammer, der nie zu heilen ist, wenn auch von Aussen alles glatt wird und das Leben seinen Gang geht . . ."

In Hamburg zeigte Neumayer Helmholtz und seiner Frau die Sehenswürdigkeiten der Stadt. Nach Bremerhaven führte sie ein Directorialdampfer des Norddeutschen Lloyd und brachte sie an Bord des Schnelldampfers „Lahn", auf welchem sie die Fahrt nach Amerika zurücklegten.

„Der Zufall hat es gefügt", schreibt mir Felix Klein, „dass ich mit Helmholtz nicht nur auf der Hinreise — auf der Lahn — vom 8. bis 17. August zusammen war, sondern auch bei der Rückreise — auf der Saale. — In der Zwischenzeit habe ich Helmholtz nur beiläufig gesehen, nämlich bei dem Festessen, welches der Reichscommissar Dr. Richter für Helmholtz am 30. August gab.

Auf der Hinreise war Helmholtz von einem ganzen Stabe von Physikern begleitet, ich nenne besonders Dr. Lummer. So liebenswürdig Helmholtz auf Fragen von Laienseite zu antworten pflegte, so fand ich es zunächst sehr schwer, mit ihm in eine wissenschaftliche Unterhaltung zu kommen. Sehr viel Zeit war auch dazu nicht vorhanden,

weil vielfach schlechtes Wetter war. Ich erinnere mich insbesondere, dass mich Helmholtz eines Tages fragte, wesshalb Lie in den Comptes rendus den bekannten heftigen Angriff gegen ihn gerichtet habe, ob er dazu durch Bertrand angestiftet sei. Ich erwiderte, dass Letzteres gewiss nicht zutreffe, sondern dass Lie's eigenes, heftiges und an das Pathologische streifendes Temperament ausreiche, um den Ton des Angriffs zu erklären; Lie fühlte sich durch ständige Nichtbeachtung von Berliner Seite tief gekränkt. Wir sprachen dann u. a. über das Monodromieaxiom der Raumgeometrie, wobei Helmholtz mit derjenigen Erläuterung besonders zufrieden war, die ich in den Math. Ann. Bd. 37, S. 565 gegeben habe und deren Stellung zu Lie's eigenen Entwickelungen ich kurz vorher in Theil II meiner (inzwischen autographirten) Vorlesungen über höhere Geometrie erläutert hatte. — Am folgenden Tage sagte mir dann Frau von Helmholtz, ich möge ihren Mann lieber nicht mit so schwierigen Dingen unterhalten, das strenge ihn zu sehr an."

Die Erlebnisse der amerikanischen Reise skizziren die geistvollen Schilderungen von Frau von Helmholtz in Briefen an ihre Tochter, denen Helmholtz einzelne Mittheilungen einreiht, welche von grossem Interesse sind:

„Thorwood, Dobbes Ferry N. Y., 19. August 1893.

Wenn ich's nicht wüsste, dass wir es sind, die hier in einem idealen Gemache sitzend auf eine milde englische Parklandschaft blickten hinab zum seebreiten Hudson, wo weisse Dampfer wie Schwäne hin und her ziehen, und herrliche Bäume, vor diesem schönen Hause einen nicht englischen, sondern gelben Lawn sloping downwards, Kolibris, positive Kolibris darüber hinhuschend und ebenso grosse Schmetterlinge, — dass ich wahre Wasserorgien hier gefeiert habe in kalten und warmen Bädern, dass wir gestern früh 5 Uhr auf dem Schiffe packten, frühstückten, ohne Lorbeerkränze

und weisse Jungfrauen oder sonstigen geziemenden Empfang ans Land gingen, zwei Stunden mit Koffern u. s. w. zu thun hatten — ich glaubte es nicht! Knapp kam mit Diener und Kutscher, und Clara Gross war da und Dr. Pringsheim mit Rosen und ein allgemeines bustle und Abschiednehmen, und dann fuhren wir in einer Art Tunneldampfer über einen Meerarm und durch halb New York vom Garstigen ins Schöne hinein — bis zur fünften Avenue u. s. w., schliesslich zu Knapp und in dessen schönes, furchtbar bequemes Haus, ganz still gelegen, als wäre man in Carlton Gardens und dicht neben allem zum Verkehr Nöthigen. Wir kriegten Thee, dann kamen Villard's, und wir mussten versprechen, hier zu schlafen, ganz gegen unsere Absicht. Er sah schlecht aus, sie warm und reizend wie immer — dann Miss Knapp aus Longbranch ankommend mit jüngerer Schwester — dann wir ohne Sachen, denn die Koffer waren noch nicht da, mit Dr. Knapp zum Banquier, — zum Lloydhof auf einen 15 Etagen hohen Thurm des World hinauf, „ein Zeitungspalast, geleitet von einem der Chefs", und ganz New York aus der Vogelperspective betrachtend per Eillift hinauf, die Druckereien sehend; dann in die Augenklinik, ein Privatpalais, 46th Street, wo wir herrlich lunchten unter der Leitung der Hausdame — dann nach Hause mit einigen elektrischen Bahnen...

Chicago, 22. August 1893.

So weit kam ich neulich in Dobbes Ferry, dann mussten wir weg, zwei Stunden spazieren fahren von Villa zu Villa; des alten Washington Irvings kleine Cottage war das Reizendste, zurück nach Hause, etwas Shopping, Taschepacken, aufs Schiff nach Newport fahren, auf dem Schiff schlafen, ich wieder seekrank.

Newport, ein Seebad mit herrlichster Villencolonie, halb Cannes, halb englisch, aber ein Cliffroad, zwischen diesen Schlössern, Lawns und dem Ocean, furchtbar elegant —

Coaches parade — Polospiel — 5 o' cl. tea — Oceanhotel, scheussliche schwarze Negerbedienung — Nachts fort, abermals auf Dampfer schlafend! Dann zu Knapp's, packen, Sonntag um 3 Uhr auf Expresszug steigend hierher. Im Car schlafen, minder schön. Papa aber sehr zufrieden, zugedecktes, appetitlich servirtes Essen, alles scheusslich gekocht. Ich lebe von Obst und schlechtem Thee.

Hier gestern, Montag 10 Uhr früh ankommend mit Knapp's von Dr. Meysenburg, Alexander und Carl Siemens empfangen — de force Knapp's und dem Hotel abspenstig gemacht, hierher geführt, in ein wunderschönes Haus, wo ich als einzige Dame regiere. Papa im Congress abgeliefert. Ich mit Meysenburg umhergefahren, endlose Stadt, tolle Contraste. Herrliche Villenviertel, scheussliche innere Stadt. Ausstellung von aussen gesehen — herrlich. Einen Wald von weissen Palästen auf leise gehenden elektrischen Booten von Lagune aus beobachtet. Sonnenuntergang venetianisch schön, dazu Wotan's Abschied von ferne her klingend, wunderbare Stimmung; wieder 1 ½ Stunden lang durch Villenstrassen hierher zurückgefahren, Essen mit Alexander und Carl, sehr gemüthlich . . .

Denver, Colorado, 2. September 1893.

. . . 30 Stunden Steppenfahrt von Chicago bis hierher war eine grosse Leistung, von der wir uns heute durch einen ganzen Ruhetag erholen. Denver ist ein wunderbarer Ort, 5000 und etliche Fuss hoch über dem Meer, eine Stadt von Palästen, Villen und Bretterbuden, mit einem Kapitol selbstredend auf der Anhöhe für die weisen Lenker des Staates Colorado und seiner Silberminen. Ein Villenviertel voll Normannenschlösser, Coloniallandhäuser mit grossen Veranden, schönstem Rasen, Bäumen und auch etlichen wenigen Blumen, da wo gegossen wird; ferner mit elektrischem Licht, dito Strassenbahnen, Arena, Boulevards und einer herrlichen Bergkette im Hintergrund mit den 14000

Fuss hohen Peaks, die aber langgestreckte Schneerücken sind, auf die man per Zahnradbahn fährt, was wir übermorgen thun wollen. Dazwischen ist Steppengras, Oede, Disteln und wilde Weine, Sonnenblumen mit einer unglücklichen Kuh, die dort weiden soll, dann wieder eine Avenue, ein grosser Stadtpark, viele Acres und Bäume, alle quasi von gestern gepflanzt. Seen und Böte darauf, die Wohlthat, diesen herrlichen Himmel, die Bergkette etwas Architektur, die in den Rahmen passt, Rasen und Bäume, however so jung zu sehen, nach dem Rennen von Chicago, nach dem Lärmen und Jagen und Tosen und den 100000 von Menschen, eine ganz stille Stadt zu sehen, vor sich liegen zu haben, ist unsagbar, ebenso dieses riesige, luftige, saubere Hotel mit einer gelben Onyxhalle vom Flur bis unters Dach, von acht Stockwerken umgeben. Im achten Stock sind die Speisesäle, wo es sauberes Essen giebt. Aussicht aufs Gebirge und herrliche Luft. Wir sind im fünften hocherhaben in zwei Stuben mit Badeetablissement dazwischen — still und einsam und mit Schneebergen vis-à-vis, die Elevators fahren auf und nieder, man saust dahin, dass einem der Athem vergeht — und lebt auf, flickt, näht, schreibt, schläft und ruht den müden Kopf . . . . . .

Der liebe Gott hat sich Ferien gegönnt bei der Erschaffung von Amerikas Innerem. So etwas haarsträubend garstig Langweiliges und ganz unausgesetzt Langweiliges, wie die Strecke Chicago-Denver ist niemals dagewesen, flach wie der Tisch, das erste Stück endlose Strecken Maisfelder, Meilen und Meilen, immer gleichmässig, ab und zu eingezäunt, ab und zu wieder mit trockenen Stoppelmeilen abwechselnd, wo Weizen gestanden hat, hier und da ein Bretterhaus mit Veranda, etlichen Bäumchen, etlichen Hühnern, oder ein Bretterdorf, mit irgend einem Bretter-Lunchroom oder Saloon und Avenues und ein Hotel, aber mehr für Hühner wie für Menschen, dann eine Bretterstadt mit einem grossen Vieh- und Getreide-Building zum Trans-

port und dann wieder Mais, wieder Stoppeln, wieder mageres Vieh und schwarze Schweinerudel, bis wir am ersten Tage abends an die Stadt Burlington kamen. Dann legte man sich in den entsetzlichen Pullman Sleeping Car ins Bett. Ich liess mein Fenster auf, kriegte fingerdicken Staub, aber doch Luft in meine Kabuse herein und wachte an feuchtem Geruch in der Nacht auf, als wir an den Missouri kamen, einen grossen breiten, im Mondschein glänzenden Strom. Der Mississippi war gelb und garstig wie die Weichsel, aber der Abendhimmel versöhnte durch seine schöne Farbe mit der Tagesöde.

Der Muth des Menschen, sich in solchen Einöden — ob fruchtbar oder nicht bleibt sich gleich — anzusiedeln, ist mir geradezu ergreifend. Man sieht in der Nähe der sogenannten Orte hübsche Buggies fahren, damenartige Wesen kutschiren. Man sieht auch ein Kind ab und zu — aber selten — die Männer so blass, so gebeugt, alle etwas kauend, alle unsagbar unangenehm aussehend, gar nicht bäuerisch nach unserer Art, nur vulgär und müde — so draussen, so im Waggon, so in der Ausstellung oder auf der Strasse.

Um sechs Uhr stand man auf, wusch sich nach und nach im Damenwaschzimmer, woselbst mich eine westliche Dame über meine Biographie ausfragte: „You are English arn't ye?“ begann sie — „no I am German. Are ye? D'ye want to stay here? Are Ye going to settle in Colorado.“ „Good gracious no“, sagte ich. — „Why it's a beautiful country, I live eighteen miles out of Denver“ u. s. w. Dann frühstückte man mit 100000 Fliegen im Dining Car, bedient von den Negerkellnern, die in den Zwischenpausen ihrer Thätigkeit sich selbst und den Gästen mit Fächern die Fliegen abwehrten, mir war's sehr übel, kannst Dir denken. Ich lief davon in unseren Waggon zurück, der „Heloise“ hiess (die Pullman Cars haben alle sinnvolle Namen!) und kaufte mir vier harte Pfirsiche von einem plötzlich auftauchenden Obstknaben, mit denen ich mein Leben gestern

fristete, und dann begann die Steppe, die richtige öde Steppe, auf der aber doch ab und zu ein Ort lag, wo die Lokomotive Wasser schöpfte; dann stieg Alles aus und lief in den scharfen Steinen herum und athmete auf. Hier und da weideten Viehheerden auf dem harten Gras, ein Cowboy zu Pferde trieb sie vor sich her — oder Pferde liefen herum, kräftige magere Thiere — was sie trinken, blieb mir ein Räthsel, denn wir haben vom Missouri ab kein Wasser mehr gesehen bis vor Denver. Dann hörten auch diese Erscheinungen auf, und es war 5 bis 6 Stunden lang im schönen Staate Nebraska überhaupt nichts mehr da als der Himmel, die graugelbe Ebene und einmal die Silhouette einer Kirche am Horizont, einmal ein Pferd, und dann kamen die Löcher der Prairiehunde oder Hasen, und die Sonne brannte sehr, und man schlief, wenn man nicht mehr lesen konnte, oder las, wenn man nicht mehr schlafen konnte. Endlich kam Denver, die alte Stadt der Goldgräber und Abenteurer, fing auch ebenso unwahrscheinlich an, wie alles Andere, mit Bretterbuden, dann kam ein Bahnhof, zwei Augenärzte, die Knapp abholten und uns auch mitnahmen, die Zimmer bestellt hatten u. s. w., und dieses wirkliche Brown Palace Hotel mit der Onyxhalle, wo aber die Onyxsäulen bronzirte Gusseisenkapitäle tragen und wo die künstlerische Barbarei neben dem herrlichen Material einhergeht.

Wir sind zwei Stunden gefahren in einem sechssitzigen Break mit den Augenärzten, haben eine sehr schöne Rundfahrt gemacht und jetzt geniessen wir den verlorenen Tag... ... Papa hält unberufen merkwürdig gut aus, Chicago hat ihn sehr angeregt, die Eisenbahn hat er ausgehalten, und er findet bereits Nachts fahren besser als Tagesreisen....

Glenwood Springs, Colorado, 6. September 1893.

Die Rocky Mountains oder Rockies, wie sie genannt werden, als Ziel, war ein Unsinn; wir hätten, wie andere vernünftige Menschen, statt nach Newport zu hetzen, nach

dem Niagara und von da nach Chicago fahren sollen und uns von dort über Yellowstone Park in den Osten zurückbegeben, oder aber gleich von Chicago durch nach San Francisco und über die Rocky Mountains zurückfahren sollen. So ist's ein langes, langes Eisenbahnfahren in Nebenzügen ohne gute Waggons, wobei man Land und Leute sehr sieht, aber schlecht und schmutzig mit unglaublichen Menschen fahren muss. In Summa, dafür, dass Alles in einer Classe fährt, benehmen sich die meisten musterhaft, dass sie nicht sympathisch sind und hässliche Sprache und Gesten haben, dafür können sie nichts, dass sie ihre Kinder umgehend auf den Nebenmenschen loslassen und ihnen nie wehren, ist minder reizvoll, zumal bei der grossen Unternehmungslust und den kreischenden Stimmen dieser Lieblinge, aber man hört und sieht eigentlich mehr menschlich Angenehmes, als im Palace Car, und im Ganzen sind die langen Fahrten viel weniger ermüdend als bei uns. Woher das kommt, weiss ich nicht, vielleicht weil man immer etwas Anderes im Wagen sieht — die Rocky Mountains sind eine unabsehbare Welt von kahlen apenninartigen Bergen mit tief eingeschnittenen Thälern, merkwürdigen Sand- und Granitsteingebilden, keinen Wäldern, und die wenigen, die noch da sind, alle angesengt und angebrannt. Ganze Gegenden erfüllt mit verbrannten Stämmen, die gen Himmel starren, darunter junges Gestrüpp. Nirgends ein Baum erhalten, sondern nur Herunterbrennen scheint die Losung hier zu sein. Das Herz thut einem weh, und es werden Jahrhunderte nicht ersetzen können, was die paar dummen rohen Ansiedler verdorben haben; die Eisenbahn scheint auch die einzige Fahrstrasse zu sein, man sieht nur Steppen ohne Wege oder ganz schauderhafte Bergpfade, keine ordentliche Fahrstrasse. Wir waren von Manitou, das scheusslich ist, obgleich in allen amerikanischen Zeitungen als das Juwel des Ostens gepriesen, hinaufgefahren auf den 14000 Fuss hohen Pikes Peak in einer Art Rigibahn 8000 Fuss in die

Höhe ohne einen Moment Schwindel unterwegs, denn die Bahn geht immer auf breiter Bergschulter hinauf. Es ist ein ergreifendes, erhabenes Bild, das sich allmählich entrollt. Ueber diese blaue Welt ohne eine Wolke, ohne einen Dunst erheben sich die weissen Schneerücken, die Schneegrenze ist aber erst bei 14000 Fuss, weiter unten liegt keine Handbreit Schnee. Oben war die Luft so dünn, dass Athmen und Bewegen uns Allen sehr schwer war; man bekam Kopfweh, Ohrenzwang und Uebelkeiten und setzte sich auf das Gerölle, aus dem der hohe Berg besteht, und sah hinab. Es war dieser Moment wohl eine Reise werth, aber das Gefühl der Höhe, des Erklommenen hat man nicht, weil dies ganze ungeheure Land so sanft ansteigt, dass man am Fusse des Gebirges in der Ebene schon 6000 Fuss hoch ist. Die Schwierigkeiten, die man am Mont Blanc hat, mit dem Observatorium, existiren hier nicht, da ist ein Schutzhaus mit englischem Restaurant und eine meteorologische Station, die das ganze Jahr functionirt. Im December soll es schneien und der Schnee 6 bis 7 Wochen liegen bleiben. Die Luft ist ja so trocken, woher soll der Schnee kommen? Es fehlen die Bäume, die Bäche, die Gletscherströme der Alpen, aber es ist doch ein so eigenartig grosses Bild, dass wir es nie vergessen werden. Die ganze Expedition dauerte 6 Stunden von 8 bis 2 Uhr und ist fast zu mühelos. Wir fuhren nachmittags, theils zu Wagen zu einem Badeort, Colorado Springs, wo zwar keine Springs sind, aber ein gutes Hotel, und von dort in 12 Stunden Eisenbahn durch trockenes Land, wo es nie regnet, wo aber doch Weiden sind, hierher ins Gebirge an unseren westlichsten Punkt. Die Route heisst Rio Grande-Denver, ist von einem englischen Ingenieur Palmer gebaut, der in einem weltverlorenen Thal sich und seiner Familie einen englischen Cottage erbaut hat, grosse grüne Rasenflächen und Blumenbosquets, Büsche und Creepers aus der Wildniss hervorzauberte und mit Beibehaltung des Charakters dieser

Landschaft ein Stück Old England schuf, das Entzücken und Staunen in uns wachrief. Keine Cyklopenbauten im Gemüsegarten, keine Normannenschlösser mit einem Vorgärtchen an der Strasse, sondern einen artesischen Brunnen, drinnen grub er, bewässerte sein Land und hat nun Rasen und dabei die ganze dunkelblaue Gebirgswelt über sich, und die Steppe gerade genug accentuirt, um sich und dem Ganzen ein Gesicht zu geben. Ich musste immer an Antibes und das Haus der kranken englischen Dame denken. Hier in Glenwood ist ein heisser Salzwassersee, ein Riesenhotel in der halben Wildniss, es sieht aus wie ein spanisches Kloster, hat herrliche Hallen und Galerien unten, sehr hübsche Appartements mit idealen Badeeinrichtungen. Wir haben drei Stuben, Papa und ich, die nicht zu trennen sind, weil sie das Bad als gemeinsamen Mittelpunkt haben. . . .

Hentschel wird sich wohl bald von uns trennen, weiter gen Westen fahren, und wir wollen auch nur bis St. Louis mit Knapp bleiben, dann selbständig nach dem Niagara und Boston reisen und von da nach New York zurück — dort werden wir wohl im Hotel Waldorf wohnen, 5th Avenue; etliche Tage zu Villard's, etliche zu Mr. Phelps fahren, uns die Städte Washington, Philadelphia und Baltimore besehen, mit ihren Anstalten und Universitäten und dann heimreisen, wovor mir theils graut, theils aber auch macht es mich glücklich, aus dem Lande herauszukommen. Man wird ein fanatischer Europäer hier im Westen . . . Papa wohl, vergnügt, etwas „mägerer“, was bei hiesigem „Frass“, denn anderes ist's nicht, kein Wunder . . .“

Helmholtz schreibt seiner Tochter von St. Louis am 12. September 1893:

„Unsere Reise war im höchsten Grade interessant, mehr interessant, als schön und angenehm, das Schöne ist durch unendliche trostlose Einöden von einander getrennt und muss schwer erkauft werden durch unendliche Langeweile,

Hitze und Staub, trotz aller bemerkenswerthen Bequemlichkeiten der Pullman Cars. Ueberhaupt überrascht Amerika durch seine ungeheuren Dimensionen und die ungeheure Arbeit, die darin schon gethan ist. Aber diese ist erst der kleinste Theil von derjenigen, die noch zu leisten ist und auch ohne Zweifel noch geleistet werden wird in dem nächsten Jahrhundert. Bisher ist aber Alles noch höchst unfertig und erscheint zum Theil höchst unvernünftig und paradox . . .

Fortsetzung aus Niagara.

was auch nicht zu verwundern ist, bei einer Cultur, die mit dem elektrischen Licht und den Dampfmaschinen anfängt, während die Elemente der Kochkunst und andere einfachste Künste der Haushaltung und die Organisation aller gegenseitigen Hülfsleistungen der Menschen äusserst stümperhaft sind, und die Zeitungen täglich neue Berichte über die frechsten Banditenstreiche bringen. Wir fuhren heute von St. Louis die Nacht durch nach Niagara Falls. Die Nacht vorher ist der Nachtzug derselben Linie zwischen Chicago und St. Louis von einer Bande von 20 Räubern ausgeplündert worden, da man wusste, dass er grosse Geldsummen mit sich führte. Ausser diesen Mordgeschichten findet man die Zeitungen nur gefüllt mit den heftigsten Schmähreden über die Gold- oder Silberwährungsfrage, über die sie sich ganz toll gebärden, und über die auch ich in St. Louis durch einen nächtlich erscheinenden Reporter interpellirt worden bin, trotzdem ich dem Mann versicherte, dass ich mich nie mit nationalökonomischen Fragen beschäftigt habe. Während ich mich zum Zubettgehen vorbereitete, hat dann die Mama noch zwei andere ähnliche Herren abgewiesen. Es war durch einen Brief von Dr. Knapp an einen dortigen Augenarzt bekannt geworden, dass wir kommen würden. Der Niagarafall ist das erste Ding in Amerika, was wirklich einen gleichzeitig mächtig grossen, schönen und erfrischenden Eindruck macht.

Sonst müssen wir anerkennen, dass wir privatim, und auch öffentlich, wo man uns kannte, mit der grössten Zuvorkommenheit behandelt worden sind. . . .

Der merkwürdigste Punkt unserer Gebirgsreise war Pikes Peak, dessen Gipfel 14000 Fuss hoch angegeben wird, also so hoch, wie das Wetterhorn in der Schweiz, und auf den man mit einer Zahnradbahn bis oben hinauf fahren kann. Wir fühlten daselbst aber alle den Schwindel und die Athemnoth der Bergkrankheit. Auf diese Weise habe ich in diesem Sommer meine höchste Bergbesteigung gemacht. Die Aussicht war sehr weit reichend und zeigte eine grosse Menge sehr ferner Schneespitzen, etwa der von dem Berge bei Campiglio ähnlich.

Dann hatten wir noch eine sehr schöne Fahrt über den Marschallpass, der über die Wasserscheide der Rocky Mountains führt und wenigstens in seinen oberen Theilen grün und bewaldet ist. Geographisch und nationalökonomisch war die Reise wie gesagt höchlichst interessant. Die Mama hat, fürchte ich, mehr unter den Beschwerden gelitten. Ich selbst habe gut ausgehalten bis jetzt und hoffe nun das Anstrengendste überstanden zu haben. . . .“

Von Cataract House, Niagara Falls, schreibt Frau von Helmholtz am 13. September 1893:

„Wäre ich nicht so beispiellos müde von allem Eisenbahnfahren, von der tropischen feuchten schweren Hitze von St. Louis, die uns ganz erschöpfte in 24 Stunden, so würde ich Dir sagen, dass die „Rapids“ des Niagarastromes da unten rauschen, so gross und mächtig und kühl, dass es eine grossartige Welt des Wassers hier ist, viel poetischer und malerischer, als ich's dachte, viel wirklich schöner, als irgend etwas anderes bisher Gesehenes, und von stets wachsender Grösse. Die Fälle sind so breit, dass sie einem erst nicht hoch erscheinen, nach und nach wächst aber Alles, und die untergehende Sonne, die einen grossen Regenbogen auf dem Gischt hervorzauberte, verklärte das Ganze.

Aber es waren wieder 30 Stunden von den Rocky Mountains nach Cansas, wo wir 24 Stunden blieben, und 10 nach St. Louis und 20 bis hierher! . . .

Boston, Vendome Hotel, 17. September 1893.

Wir sind vorgestern gegen Mitternacht nach 28 Stunden Eisenbahn vom wunderbaren Niagara hierhergelangt, allein, und ohne jegliche Hinterlassung von Gepäck. So viel habe ich nun doch schon gelernt, dass man hier überall daneben stehen und sich auf keinerlei „Einrichtung", am wenigsten auf die Herrlichkeit des Gepäckcheques verlassen kann . . . .

Also in St. Louis trennten wir uns von Knapp's, um uns gegenseitig etwas Luft zu geben. Sie gelangten mit Hindernissen nach New York, wir ebenso nach den „Niagara Falls", oder vielmehr von da an den St. Laurencestrom, auf dem wir nach Montreal und dann hierher wollten. Als wir nach 12 Stunden Nachtfahrt an den Strom gelangten mit einer Stunde Verspätung, war der tägliche Dampfer fort, und wir hätten 24 Stunden in einem unsagbaren Nest, Clayton, warten müssen, kauften uns also andere Billets und fuhren zurück weitere 16 Stunden und direct hierher.

. . . Hier in Boston ist es wunderschön, sehr englisch correct und ehrwürdig: schöne saubere Strassen, schöne Häuser mit Epheu bewachsen, wunderbare Kirchen, ein grosser Strom, Charles River, und jenseits die Universitätsstadt Cambridge mit der Harvard University. . . .

Die Niagarafälle sind einfach wunderbar und werden es von Stunde zu Stunde mehr. Wir mussten im Cataract-Hause wohnen, aber es war doch schön, obwohl unsere Aussicht auf den Strom durch Waschküche und unglaubliches Gerümpel verbaut war, und die Front des Hauses mit mächtiger Säulenhalle auf die schmutzige Strasse hinausging.

Wir haben die „Falls" von oben bis unten, von unten bis oben, auf beiden Seiten zu Fuss und auch in einer reizenden elektrischen Bahn besehen, sind auf Hängebrücken

und darüber auf Zahnradbahnen hinunter auf einem Dampferchen schier hineingefahren, und immer ging die durchsichtige graue Wassermasse still hinunter, nicht sehr stark dröhnend, aber so herrlich! Der Gischt und das Wallen und Weben desselben, Alles so unsagbar schön und poetisch, so dass der Eindruck nie aus unserer Seele schwinden kann. Die Gegend ist viel lieblicher, als wir erwarteten. Die Fälle sind so breit, dass sie erst niedrig scheinen, bis man das Ganze realisirt. — Wir hatten sehr gutes Wetter, während es vorher und nachher in Strömen goss. — Hier haben wir im Besitze von Betten und einer Badestube ausgiebig geschwelgt, uns gesegnet, aus dem garstigen Westen wieder heraus zu sein, und sind von früh bis spät von gelehrten Herren in Entreprise genommen, sehen Laboratorien, Gymnasiums — Dormitories, Speise- und Schlafgebäude, Alles wundervoll, Memorial Halls etc. an, und bald ist's wie Edinburg, bald wie London, bald ganz anders — und wenn man an einer Kirche das Datum 1657 liest, freut man sich. Es ist doch etwas Anderes um diese Stadt der geistigen Interessen, als um das entsetzliche Chicago. Wir bleiben ganze vier Tage hier, weil ein Physiologe, Professor Bowditch, noch von weither heranreist, um Papa zu sehen. Wir haben heute bei dessen sehr netter Tochter Nachmittags auf dem Lande eine Stunde verbracht.

Es war reizend da draussen auf dem grünen Hügel mit der schönen Welt zu unseren Füssen und erinnerte mich so an Vertbois, als es noch gepflegt und hübsch war . . ."

Am 7. October trat Helmholtz mit seiner Frau die Rückreise nach Europa an.

„Auf der Rückreise", schreibt mir Klein, „hatte der Verkehr ungezwungenere Formen angenommen. Ich zeigte Helmholtz die Correcturbogen meines „Evanstor Colloquium", über die er dann allerdings nur sagte, er verstehe im Allgemeinen, was ich beabsichtige. Ein anderes Mal sprach ich mit ihm über die Nothwendigkeit einer technischen Physik

im Sinne der bald hernach von mir bethätigten, Ihnen bekannten Auffassung; er schien diese Auffassung nicht eigentlich zu theilen, sondern die bestehende Ausbildung an der Universität für ausreichend zu halten. Ein anderes Mal wieder kam die Unterhaltung auf die Geltung des Princips der kleinsten Wirkung in der Physik, wobei ich dieselbe mit derjenigen des Gesetzes der Erhaltung der Kraft parallelisirte; Helmholtz erwiderte, beide Dinge seien für ihn in der That insofern ganz analog, als sie ihm bei Abfassung seiner bezüglichen Schriften beide von vornherein ganz selbstverständlich vorgekommen seien ... Ueber den tragischen Abschluss der Reise, den unglücklichen Sturz von Helmholtz, kann ich etwas specieller berichten. Wir hatten bei völlig ruhiger See bis etwa 10 Uhr (Abends) im Rauchzimmer gesessen: Helmholtz, ein junger Arzt Dr. Morton aus Boston (Sohn des bekannten Morton, der die Betäubung durch Aether zuerst praktisch handhabte), der Capitän Rings und ich, als Helmholtz mit den Worten aufstand: „es ist Zeit, zu Bett zu gehen“, und die ziemlich steile Treppe zum Salon hinabstieg. Wir hörten dann einen dumpfen Fall, den jedenfalls ich im Augenblicke nicht beachtete, bis Dr. Morton rief: „dem Geheimrath ist etwas passirt“, worauf wir alle nach unten eilten und gerade noch sahen, wie Helmholtz von einer Anzahl Stewards am Fuss der Treppe aufgehoben und in die Cabine getragen wurde; auf dem Boden stand eine grosse Blutlache.“

Seine Frau schreibt am Bord der Saale am 14. October 1893:

„Wir sind also, aller Regel zum Trotz, Freitag, den 6. Abends spät an Bord gegangen, sind 7 Uhr früh ausgefahren und sofort in den Rand eines Wirbelsturmes gelangt, der uns treu begleitet hat — warm, neblig, hemmend. Ich unsagbar elend bis heute; Papa wohl, frisch und ganz besonders gut und lieb für mein Elend, erzählte mir Donnerstag, wie alle Abend, was er mit dem netten Kapitän ge-

sprochen — geht dann mit Kuno Fischer's Schopenhauer ins Herrenzimmer, und ich liege elender als je — da kommt Professor Klein zu mir herein, sagt mir zögernd, Papa sei gefallen, die Cajütentreppe herab, blute aus Stirn und Nase, zwei Aerzte seien bei ihm, führt mich in des Schiffdoctors Cabine — da liegt Papa mit Blut überströmt, aber anscheinend bei Bewusstsein und Antwort auf alle Fragen gebend. Erst fürchteten Alle einen Schlaganfall, was ich aber nicht einen Moment geglaubt habe, sondern es muss eine seiner alten lang vergessenen Ohnmachten ihn plötzlich befallen haben . . . Er ist aber offenbar vor dem Fall bewusstlos gewesen, denn er hat die Hände nicht vorgestreckt zum Schutz, sondern ist ganz schwer aufs Gesicht gefallen . . . . .

Wie dankbar wir sein dürfen, dass diese schreckliche Gefahr so an uns vorbeiging, wird mir mit dem zurückgekehrten Bewusstsein erst klar. Mein Zustand geistiger Erloschenheit war noch eine Gnade, ich konnte gar nicht denken — nur wusste ich, dass wir mitten auf dem Ocean umhertrieben, im dicksten Nebel. Keine Sonne, kein Stern zur Orientirung . . . Für die Güte und Bereitwilligkeit des ganzen Schiffes vom Kapitän ab kann ich gar nicht genug dankbar sein. Wenn das Unglück schon kommen musste, dann war noch viel unverdientes Glück und göttliche und menschliche Güte dabei . . .“

Endlich kamen sie am 17. October in Bremen an, wo Helmholtz die ausgezeichnetste ärztliche Behandlung fand, und ihm wie seiner Frau von Seiten der ganzen Stadt Bremen wie von heraneilenden und fernen Freunden die liebevollste Theilnahme entgegengetragen wurde. Nach achttägigem Aufenthalte konnte die Rückreise nach Berlin unternommen werden. Wenn auch seine Kopfwunde äusserlich noch lange sichtbar blieb, war er doch Dank der sorgfältigen Behandlung von Bardeleben und Renvers schon nach wenigen Wochen so weit hergestellt, dass er im November in einem Schreiben

an den Staatsminister von Bötticher erklären konnte, „er fühle sich zur Wiederaufnahme seiner Amtsgeschäfte am 20. November genügend gekräftigt“. Am 4. December berichtet er seinem Freunde Knapp selbst über seinen Unfall:

„Meine Kopfwunde ist äusserlich geschlossen und scheint es auch zu bleiben; wenigstens kann das, was ich noch von fremdartigen Gefühlen habe, wohl als vom allmählichen Schrumpfen der Hautnarben herrührend erklärt werden, und auch lesen kann ich ziemlich anhaltend, ohne davon Schwindel oder Kopfschmerzen zu bekommen. Anfangs war das allerdings anders. Nicht nur hatte ich grosses Schwäche- und Schwindelgefühl beim Versuche zu gehen, sondern musste mich auch mit den Versuchen zu lesen sehr einschränken und hatte ein sehr entstelltes, mit Blut unterlaufenes Antlitz. Den Blutverlust muss ich nach den Wägungen, die ich zehn Tage nach dem Fall in Berlin vornahm, auf 4 bis 5 kg schätzen. Der von Ihnen bei uns eingeführte Dr. Morton hat sich meiner mit der grössten Sorgfalt angenommen und bin ich ihm daher zum grössten Danke verpflichtet. Ob ich ohne seine sehr eifrige und ausdauernde Hülfe nicht gleich nach dem Sturze ganz verblutet wäre, scheint mir sehr zweifelhaft. In Bremen, wo wir acht Tage geblieben sind, fand ich in dem Director des städtischen Krankenhauses einen sehr guten Arzt, und auch sonst wurden wir mit Gefälligkeiten und Erfrischungen in der liebenswürdigsten Weise überhäuft. Aus der etwas grösseren Zeitdistanz betrachtet, hat mir die amerikanische Reise doch nun ein sehr interessantes und angenehmes Bild hinterlassen.“

Freilich äusserte er im Winter nach der Rückkehr aus Amerika häufig, dass er zu jeder Arbeit jetzt doppelt so vieler Zeit bedürfe als früher. Oefter klagte er darüber, dass er mit beiden Augen zwei verschiedene Bilder sehe und schob den Grund einer Muskelzerreissung zu. Quer über der linken Augenbraue zog sich eine tiefe Narbe hin, die sich auch auf den beiden herrlichen letzten Bildern findet,

Pastellzeichnung von Franz von Lenbach 1894.





welche Lenbach im Frühjahr 1894 in München von seinem „Reichskanzler der Wissenschaften" auf dessen Heimfahrt von Istrien malte.

Helmholtz nahm im Laufe des Winters alle seine Amtsgeschäfte und wissenschaftlichen Arbeiten wieder auf. Sein Wirken auf dem elektrischen Congress in Chicago wurde am Anfange des Jahres 1894 durch die Verleihung des Kronenordens erster Klasse anerkannt; zugleich wurde er Membre d'honneur de l'Association Internationale pour le progrès de l'Hygiène und Honorary membre of the American Institute of Electrical Engineers.

Nachdem Hertz von Ostern 1889 an kaum drei Jahre an der Bonner Universität gewirkt, hatte sich eine qualvolle Knochenkrankheit bei ihm entwickelt, die ihn nach langem Leiden am Anfange des Decembers 1893 von Neuem auf das Krankenlager warf. Tief erschüttert war Helmholtz, als ihm am 1. Januar 1894 der Tod von Hertz gemeldet wurde; es war der unglückbringende Beginn eines weiterhin für uns alle traurigen Jahres.

„Für alle", sagt Helmholtz, „die den Fortschritt der Menschheit in der möglichst breiten Entwickelung ihrer geistigen Fähigkeiten und in der Herrschaft des Geistes über die natürlichen Leidenschaften wie über die widerstrebenden Naturkräfte zu sehen gewohnt sind, war die Nachricht vom Tode dieses bevorzugten Lieblings des Genius eine tief erschütternde. Durch seltenste Gaben des Geistes und Charakters begünstigt, hat er in seinem leider so kurzen Leben eine Fülle fast unverhoffter Früchte geerntet, um deren Gewinnung während des vorausgehenden Jahrhunderts sich viele von den begabtesten seiner Fachgenossen vergebens bemüht haben. In alter classischer Zeit würde man gesagt haben, er sei dem Neide der Götter zum Opfer gefallen. Hier schienen Natur und Schicksal in ganz ungewöhnlicher Weise die Entwickelung eines Menschengeistes begünstigt zu haben, der alle zur Lösung der schwierigsten Probleme

der Wissenschaft erforderlichen Anlagen in sich vereinigte. Er war ein Geist, der ebenso der höchsten Schärfe und Klarheit des logischen Denkens fähig war, wie der grössten Aufmerksamkeit in der Beobachtung unscheinbarer Phänomene. Der uneingeweihte Beobachter geht an solchen leicht vorüber, ohne auf sie zu achten; dem schärferen Blicke aber zeigen sie den Weg an, durch den er in neue unbekannte Tiefen der Natur einzudringen vermag.

Heinrich Hertz schien prädestinirt zu sein, der Menschheit solche neue Einsicht in viele bisher verborgene Tiefen der Natur zu erschliessen, aber alle die Hoffnungen scheiterten an der tückischen Krankheit, die, langsam und unaufhaltsam vorwärts schleichend, dieses der Menschheit so kostbare Leben vernichtete und alle darauf gesetzten Hoffnungen grausam zerstörte.

Ich selbst habe diesen Schmerz tief empfunden; denn unter allen Schülern, die ich gehabt habe, durfte ich Hertz immer als denjenigen betrachten, der sich am tiefsten in meinen eigenen Kreis von wissenschaftlichen Gedanken eingelebt hatte, und auf den ich die sichersten Hoffnungen für ihre weitere Entwickelung und Bereicherung glaubte setzen zu dürfen."

Ob Helmholtz bei dem schweren Schicksal, das ihn während seines Lebens in dem Dahinsiechen seiner beiden Söhne getroffen, nicht auch in Bezug auf sich der Anschauung der classischen Zeit vom Neide der Götter Raum gab? Diese Frage kam häufig vielen seiner Freunde — die seinen hohen und bescheidenen Sinn kannten, beantworteten sie verneinend.

Niemand wusste besser die Geistesgaben und die Charaktereigenschaften von Hertz zu würdigen als Helmholtz, vor dem aber jener in Ehrfurcht sich beugte; im Laufe seines Zusammenseins mit Helmholtz hatte Hertz nicht nur dessen gewaltige wissenschaftliche Grösse anstaunen gelernt, auch die tiefe, wahrhafte Bescheidenheit und die

sittlich vornehme Gesinnung erregte immer von Neuem seine Bewunderung; er war von der Wahrheit der Worte und Anschauungen überzeugt, denen Helmholtz in jener herrlichen Tischrede Ausdruck geliehen:

„Meine Erfolge sind nur zunächst für mein Urtheil über mich selbst von Werth gewesen, weil sie mir den Maassstab abgaben für das, was ich weiter versuchen durfte, sie haben mich aber, hoffe ich, nicht zur Selbstbewunderung verleitet. Wie verderblich der Grössenwahn übrigens für einen Gelehrten werden kann, habe ich oft genug gesehen und habe deshalb stets mich zu hüten gesucht, dass ich diesem Feinde nicht verfiele. Ich wusste, dass strenge Selbstkritik der eigenen Arbeiten und Fähigkeiten das schützende Palladium gegen dieses Verhängniss ist. Aber man braucht nur die Augen offen zu halten für das, was Andere können, und was man selbst nicht kann, so finde ich die Gefahr nicht gross, und was meine eigenen Arbeiten betrifft, so glaube ich nicht, dass ich je die letzte Correctur einer Abhandlung beendet hatte, ohne nicht 24 Stunden später schon wieder einige Punkte gefunden zu haben, die ich hätte besser oder vollständiger machen können.

Ich weiss, in wie einfacher Weise Alles, was ich zu Stande gebracht habe, entstanden ist, wie die von meinen Vorgängern ausgebildeten Methoden der Wissenschaft mich folgerichtig dazu geführt haben, wie mir zuweilen ein günstiger Zufall oder ein glücklicher Umstand geholfen hat. Aber der Hauptunterschied wird wohl der sein: was ich langsam aus kleinen Anfängen durch Monate und Jahre mühsamer und oft genug tastender Arbeit aus unscheinbaren Keimen habe wachsen sehen, das ist ihnen plötzlich wie eine gewaffnete Pallas aus dem Kopfe des Jupiter vor Augen gesprungen. Ihr Urtheil war durch Ueberraschung beeinträchtigt, meines nicht; mag vielleicht auch oft durch die Ermüdung der Arbeit und durch Aerger über allerlei

irrationelle Schritte, die ich unterwegs gemacht hatte, etwas herabgestimmt gewesen sein."

Die Trauer, welche sich bei dem Tode von Hertz der naturwissenschaftlichen Welt bemächtigte, spiegelt sich in den Zeilen, welche Boltzmann am 6. Januar 1894 an Helmholtz richtete, bezeichnend für die Verehrung, welche der so jäh entrissene Physiker genossen, aber auch charakteristisch für die Gesinnung des hervorragenden Forschers, der diese Zeilen geschrieben:

„Beim so plötzlichen Tode Hertz' frug ich mich, was hat das deutsche Volk an seinem Sarge zu thun? . . Wäre es nicht möglich, an den Reichstag eine Petition zu richten, um den Hinterbliebenen Hertz' ein Nationalgeschenk zu votiren? . . . Man müsste die ganz ausserordentliche Tragweite der Entdeckungen Hertz' in Hinsicht unserer ganzen Naturanschauung betonen, und dass dadurch sicher der Forschungsrichtung für lange der einzig richtige Weg gewiesen wurde, dass es ganz ebenso unangebracht wäre, für jeden Forscher, der seine Pflicht thut und das Glück hatte, ein Paar Sätze zu finden (wozu ich z. B. mich zu rechnen wage), etwas Besonderes zu thun, als es unentschuldbar wäre, für Hertz nichts Besonderes zu thun."

Boltzmann liess sich durch die Antwort von Helmholtz von der Unausführbarkeit der Idee überzeugen.

Am 24. Februar 1894 veröffentlichte Helmholtz die erste Lieferung der wissenschaftlichen Abhandlungen der Deutschen Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, „die", wie Werner von Siemens in seinen Lebenserinnerungen sagt, „unter der Leitung des ersten Physikers unserer Zeit, Hermann von Helmholtz, eine deutsche Heimstätte für die wissenschaftliche Forschung bildet". Er begleitete diese Lieferung mit einem Vorworte, in welchem er einen geschichtlichen Ueberblick über die Entstehung dieser Anstalt gab; „dieselbe müsse, wie durch die zu der genannten Commission gehörigen Herren Werner von Siemens und Helmholtz

unter Zustimmung der Königl. Akademie der Wissenschaften bei ihrer Gründung hervorgehoben worden war, neben einer mechanisch-technischen auch eine wissenschaftliche Abtheilung fassen, um der ersteren neben den ihr von selbst zufliessenden Aufgaben, die nach bekannten Methoden zu lösen waren, auch neue und schwierigere von entsprechender praktischer Wichtigkeit zu stellen, für die es lohnte, grössere Mittel anzuwenden und grössere technische Schwierigkeiten der Ausführung zu überwinden".

Im Frühjahr suchte Helmholtz Ruhe und Erholung nach den aufreibenden Erlebnissen des vergangenen Jahres in Abbazia. Aber das Schicksal riss unerbittlich im Kreise seiner Bekannten und Freunde immer neue Lücken.

Sein Nachfolger an der Universität für experimentelle Physik war 1888 Kundt geworden. Auch diesen noch im besten Mannesalter stehenden ausgezeichneten Forscher und liebenswürdigen Menschen an einem schweren Herzleiden erkrankt zu wissen, war für Helmholtz ein grosser Kummer. Als Kundt ihm mittheilte, dass er den Wunsch habe, Urlaub zu nehmen, schreibt er ihm, auf der Rückreise begriffen, am 18. April aus Klagenfurt Worte der Theilnahme und des Trostes:

„Ich kann Ihren Entschluss nur billigen, da ich selbst lange gefühlt habe, wie aufreibend es ist, geistige Kräfte und Zeit für ermüdende Geschäfte verwenden zu müssen, während man in sich die Fähigkeit zu höheren Leistungen fühlt und durch die angewiesene Stellung auch eigentlich verantwortlich dafür gemacht ist, dass man dergleichen zu Stande bringe. Ich selbst habe im Beginn meines Berliner Aufenthalts auch eine Zeit durchgemacht, wo ich mich körperlich sehr hinfällig fühlte und an einer schweren Herzkrankheit zu leiden glaubte. Aber ich kam später als Sie nach Berlin und mit abgebrühterem Gewissen, so dass ich es leichtherziger nahm, die zehrendsten Arten der Arbeiten abzuschütteln, und noch verhältnissmässig schnell

und nach kürzerer Pause meine Erholung wieder gewinnen konnte. Ich kann Ihnen daher aus eigener Erfahrung nur rathen, für lange Zeit nur Ihrer Gesundheit zu leben. . . . Abbazia ist nicht gerade amüsant und nicht bequem und leicht zum Leben. Aber es hat sich für unsere Gesundheitszustände doch als sehr vortheilhaft erwiesen. Meine von dem grossen Blutverluste im October zurückgebliebene Schwäche hat sich fast spurlos verloren, und die verletzten Augenmuskeln haben gute Fortschritte in der Gewöhnung an neue Orientirung der Gesichtsbilder gemacht. Nur bei raschen Bewegungen und Drehungen des Körpers habe ich gelegentlich noch Schwindelgefühle. Ich denke in den letzten Tagen des April wieder in Berlin einzutreffen und Sie zu sehen. Wir waren zuletzt noch acht Tage in Venedig bei wunderschönem Wetter und sind jetzt hier bei meinem Schwager und Schwägerin in Kärnten, wo lang ersehnter Regen auch reiches Grün hervorgerufen hat. . . ."

Kaum nach Berlin zurückgekehrt, erhält er die Nachricht vom Tode Kundt's. Er hatte Kundt als Gelehrten und Menschen hochgeschätzt, und liess es sich nicht nehmen, am 21. Mai 1894 an dessen Sarge seinen Gefühlen der tiefen Trauer um den Hingang dieses ausgezeichneten Mannes Worte zu leihen. In den Entwürfen zu dieser Grabrede, welche sich in seinen Aufzeichnungen finden, ist die grosse Aufregung unverkennbar, in der er sich befand — es hatten ihn aber auch in den letzten Jahren gar zu schwere Schicksalsschläge getroffen, der Tod des von ihm so geliebten Sohnes Robert, die stete, Körper und Geist verzehrende Krankheit seines Sohnes Fritz, sein eigener schwerer Unfall auf dem Schiffe, der Tod seines grossen Schülers Hertz und so kurz darauf das plötzliche Hinscheiden des in jugendlicher geistiger und körperlicher Kraft stehenden Collegen und Freundes! Aus dem von ihm benutzten Entwurfe mögen einige Worte hier eine Stelle finden:

„. . . . Diese Einsicht in das Wirken der Natur ist an sich schon die Quelle aller Herrschaft des Menschengeistes über die Natur und damit die Wurzel, aus der sich unendlich praktische Wohlthaten für das Menschengeschlecht entwickeln. Sie hat aber noch eine viel tiefere sittliche Bedeutung. Dieses Arbeiten für die Wissenschaft ist nothwendig eine Arbeit für allgemeine Zwecke der ganzen Menschheit, für Zwecke, die nicht auf ein einzelnes Individuum abgegrenzt, nicht einmal für ein Volk, für einen Welttheil abgegrenzt werden können, sondern nothwendig die Arbeit des Einzelnen zu einer Arbeit für die Zwecke der Menschheit und deren Einsicht machen. Durch sie wird der Einzelne gewöhnt, für ideelle Zwecke zu arbeiten, die innere Befriedigung in sich zu erfahren, welche mit solcher Art der Arbeit verbunden ist, und in ihr seine Freude und seinen Lohn zu finden. Und da das Beispiel idealer Gesinnung viel mehr auf die Jüngeren wirkt als alle Moralpredigt, so ist ein solcher Lehrer auch der beste Erzieher, um die jüngere Generation zu den gleichen Gesinnungen zu erziehen.

Es ist ja der normale Entwickelungsgang der geistigen Cultur des Menschengeschlechts, dass immer frisches Blut als Träger derselben eintreten muss. Die Alten werden müde, ihr Gedächtniss wird unsicherer, wenigstens für neue Anschauungen, damit hört auch die Bildung originaler neuer Gedankencombinationen auf. Nur die alten Erfahrungen bleiben sicher und werden im Gegentheil immer mehr gereinigt von allem Zufälligen und in sich mehr befestigt, so dass Alter und Jugend ihre verschiedenen natürlichen Rollen bei der geistigen Arbeit haben. Unser verstorbener Freund war vorzugsweise eine jugendliche Natur, lebhaft, eifrig, das Neue schnell ergreifend und umfassend, der Gedanke an ein Aufhören seiner Leistungsfähigkeit drückte ihn nieder . . . . . Anstrengung aller Kräfte freilich wird hier auf Erden auch dem grössten

Genie nicht erspart, wenn es grosse Ziele erreichen will, und zwischen die Tage freudigen Erfolges schieben sich nothwendig auch solche der Ermüdung, der Abspannung, der Hoffnungslosigkeit, die unternommene Aufgabe lösen zu können. . . ."

Am 28. April wandte sich Lenard mit der folgenden Bitte an Helmholtz:

„. . . Meine Bitte betrifft das Werk von Hertz, „Die Principien der Mechanik", mit deren Herausgabe er selbst mich noch beauftragt hat. Wie es Ihnen bekannt ist, hat Hertz das Werk in seinen letzten Tagen noch so weit zum Abschluss gebracht, dass er den grösseren Theil desselben noch selbst dem Verleger übergeben konnte. Aber nur unter Bedauern hat er das Manuscript abgesandt, denn er hatte gewünscht, das Buch noch ein halbes Jahr zurückbehalten zu können, um die zweite Hälfte desselben nochmals durchzuarbeiten. . . . Der Wunsch, nichts versäumt und das Beste gethan zu haben für dieses Werk, hat mich nun zu dem Entschlusse gebracht, noch zur rechten Zeit mich an Sie zu wenden mit der Bitte, dass Sie die beiden bezeichneten Stellen gütigst durchsehen und mir Rath ertheilen möchten. Nur auf Ihren Rath hin würde ich mich überhaupt für befugt halten, etwa eine wesentliche Aenderung vorzunehmen. . . ."

Am 21. Mai erwiderte Helmholtz:

„. . . . Ich bitte Sie um Verzeihung, dass ich auf Ihre Fragen nicht eher geantwortet habe. Aber seitdem ich von meiner Reise zurückgekommen bin, hatte ich sehr wenig freie Zeit, um ruhige Ueberlegungen über eine so von den bisherigen Wegen abweichende und in sich so scharfsinnig verkettete Sache, wie es diese Schrift von Hertz ist, anzustellen und sie in ihrem Zusammenhange zu verstehen. Ich kann nur sagen: ich fange jetzt an, das Ziel zu begreifen, nach welchem er hinstrebt, aber dies ist erst der Fall seit wenigen Tagen, seit ich die letzte Sendung der Druckbogen erhielt.

Bis dahin hatte ich nicht die leiseste Ahnung, wo er hinstrebte. Unter diesen Umständen kann ich noch nicht unternehmen, eine Kritik des Textes vorzunehmen oder einer solchen zuzustimmen, und nehme an, dass es noch einige Wochen dauern wird, bis ich so weit gekommen sein werde, um eine solche vertreten zu können. Ich begreife ganz die Verlegenheit, in der Sie sich dabei befinden. Aber es scheint mir, dass Sie sich einfach dadurch herausziehen können, ohne sich zu compromittiren, wenn Sie die Ihnen zweifelhaft erscheinenden Stellen im Druck markiren lassen und unter dem Text bemerken: „Auf seine Genauigkeit controllirter Abdruck des Originals.“ Dadurch ist dem Leser angezeigt, dass er hier aufmerksam sein müsse, und dass die Stelle zu Bedenken Veranlassung geben könne . . .“

Helmholtz vertiefte sich nun in das Studium der Hertz'schen Mechanik und schrieb zu diesem so eigenartig wunderbaren Werke im Juli 1894 ein Vorwort, das uns wieder einen tiefen Einblick in seine eigenen Anschauungen über die Entwickelung der Mechanik gewährt.

Nachdem er in der früher angedeuteten Weise den Stand der Elektricitätslehre gekennzeichnet, zur Zeit als Hertz in deren Entwickelung eingriff, und dessen grosse physikalische Entdeckungen gepriesen hatte, sagt er:

„Wie sehr das Nachsinnen von Hertz auf die allgemeinsten Gesichtspunkte der Wissenschaft gerichtet war, zeigt auch wieder das letzte Denkmal seiner irdischen Thätigkeit, das vorliegende Buch über die Principien der Mechanik. Er hat versucht, darin eine consequent durchgeführte Darstellung eines vollständig in sich zusammenhängenden Systems der Mechanik zu geben und alle einzelnen besonderen Gesetze dieser Wissenschaft aus einem einzigen Grundgesetz abzuleiten, welches logisch genommen natürlich nur als eine plausible Annahme betrachtet werden kann. Er ist dabei zu den ältesten theoretischen Anschauungen zurückgekehrt, die man eben deshalb auch

wohl als die einfachsten und natürlichsten ansehen darf, und stellt die Frage, ob diese nicht ausreichen würden, alle die neuerdings abgeleiteten allgemeinen Principien der Mechanik consequent und in strengen Beweisen herleiten zu können, auch wo sie bisher nur als inductive Verallgemeinerungen aufgetreten sind."

Helmholtz hebt hervor, dass die Principien der Mechanik sämmtlich entwickelt worden sind unter der Voraussetzung von Newton's Attributen der von der Zeit unabhängigen, also auch conservativen Anziehungskräfte zwischen materiellen Punkten und der Existenz fester Verbindungen zwischen denselben, und nur unter dieser Annahme waren sie gefunden und bewiesen worden.

„Man hat dann später durch Beobachtung gefunden, dass die so hergeleiteten Sätze eine viel allgemeinere Geltung in der Natur in Anspruch nehmen durften, als aus ihrem Beweise folgte, und hat demnächst gefolgert, dass gewisse allgemeine Charaktere der Newton'schen conservativen Anziehungskräfte allen Naturkräften zukommen, vermochte aber diese Verallgemeinerung aus einer gemeinsamen Grundlage nicht abzuleiten."

Er hebt nun hervor, dass Hertz eine solche Grundanschauung zu finden bestrebt war, dass er, um eine vollkommen folgerichtige Ableitung aller bisher als allgemeingültig anerkannten Gesetze der mechanischen Vorgänge zu geben, als einzigen Ausgangspunkt die Anschauung der ältesten mechanischen Theorien gewählt hat und alle mechanischen Processe so vor sich gehen lässt, als ob alle Verbindungen zwischen den auf einander wirkenden Theilen feste wären, indem er zur Erklärung der Kräfte zwischen nicht in unmittelbarer Berührung mit einander befindlichen Körpern die Hypothese zu Hülfe nimmt, dass es eine grosse Anzahl unwahrnehmbarer Massen und unsichtbarer Bewegungen gebe. Die Einschaltung Helmholtz'scher cyklischer Systeme mit unsichtbaren Bewegungen wollte Hertz

für die Ausführung von Beispielen verwenden, beruhte doch der ganze Aufbau seiner Mechanik auf dem von Helmholtz gelegten Fundamente — doch war durch den Tod dieses genialen Forschers die Entwickelung der Mechanik nach dieser Seite hin vielleicht für lange Zeit verhindert.

„Englische Physiker, wie Lord Kelvin in seiner Theorie der Wirbelatome und Maxwell in seiner Annahme eines Systems von Zellen mit rotirendem Inhalt, die er seinem Versuche einer mechanischen Erklärung der elektromagnetischen Vorgänge zu Grunde gelegt hat, haben sich offenbar durch ähnliche Erklärungen besser befriedigt gefühlt als durch die blosse allgemeinste Darstellung der Thatsachen und ihrer Gesetze, wie sie durch die Systeme der Differentialgleichungen der Physik gegeben wird. Ich muss gestehen, dass ich selbst bisher an dieser letzten Art der Darstellung festgehalten und mich dadurch am besten gesichert fühlte; doch möchte ich gegen den Weg, den so hervorragende Physiker wie die drei genannten eingeschlagen haben, keine principiellen Einwendungen erheben. Freilich werden noch grosse Schwierigkeiten zu überwinden sein bei dem Bestreben, aus den von Hertz entwickelten Grundlagen Erklärungen für die einzelnen Abschnitte der Physik zu geben. Im ganzen Zusammenhange aber ist die Darstellung der Grundgesetze der Mechanik von Hertz ein Buch, welches im höchsten Grade jeden Leser interessiren muss, der an einem folgerichtigen System der Dynamik, dargelegt in höchst vollendeter und geistreicher mathematischer Fassung, Freude hat. Möglicherweise wird dieses Buch in der Zukunft noch von hohem heuristischen Werth sein als Leitfaden zur Entdeckung neuer allgemeiner Charaktere der Naturkräfte.“

Noch am 14. Juni trug Helmholtz in der Akademie den Inhalt einer Arbeit vor, welche „Nachtrag zu dem Aufsatz: Ueber das Princip der kleinsten Wirkung in der Elektrodynamik“ betitelt war, und die erst nach seinem

Tode auf Grund seiner schriftlichen Aufzeichnungen von Planck veröffentlicht wurde.

Die im Jahre 1892 der Akademie vorgelegte Arbeit über das Princip der kleinsten Wirkung in der Elektrodynamik hatte zu grossen mathematischen Complicationen geführt, und Helmholtz war seit dieser Zeit fast unaufhörlich mit dem Gedanken beschäftigt, durch eine grössere Vereinfachung in der Ausführung der Variationen dem Problem, so wie er es gefasst hatte, eine grössere Klarheit und Durchsichtigkeit zu geben. Er wollte eine vollständige Umarbeitung seiner Untersuchungen für den dritten Band seiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ bewerkstelligen, und eine einfachere und übersichtlichere Darstellung des für die Elektrodynamik in Frage kommenden kinetischen Potentials und der Variation des zugehörigen Hamilton-schen Integrales sollte ihm den Weg bahnen zur Ausdehnung des Princips der kleinsten Wirkung auf alle Kräfte der Natur. Wiederholte einleitende Ueberlegungen finden sich in seinem Nachlasse vor, welche zur Einführung in gross angelegte Arbeiten bestimmt waren, und es mögen zur erneuten Orientirung hier nur die ersten Blätter einer „Die Elektrodynamik, unter Faraday's Hypothese zusammengefasst in Hamilton's Form“ betitelten Aufzeichnung eine Stelle finden, welche wahrscheinlich den ersten Entwurf einer Einleitung zu der im Jahre 1886 veröffentlichten Arbeit „Ueber die physikalische Bedeutung des Princips der kleinsten Wirkung“ bildete und wenigstens bis zur Einführung des Hamilton'schen Integrales allgemeiner verständlich ist:

„Meine Untersuchungen über die Mechanik der monocyklischen Systeme führten mich zur Betrachtung allgemeinerer Formen, welche die in Lagrange's und Hamilton's Darstellungsweisen der Mechanik vorkommende charakteristische Function annehmen kann. In ihrer ursprünglich von Lagrange gegebenen Form ist diese

Function die Differenz zwischen der potentiellen Energie und der lebendigen Kraft des betreffenden mechanischen Systems. Der Werth der potentiellen Energie hängt nur von der augenblicklichen Lage der einzelnen Theile des Systems ab, die lebendige Kraft dagegen ist eine homogene Function zweiten Grades der nach der Zeit genommenen Differentialquotienten der die Lage des Systems bestimmenden Coordinaten. Durch die in meinen vorgenannten Abhandlungen erörterten Umstände kann die charakteristische Function aber ziemlich abweichende Formen erhalten.

Dies veranlasste mich nachzusehen, wie es sich in dieser Beziehung mit der Elektrodynamik verhalte. Die Wirkungen der elektromagnetischen und elektrodynamischen Kräfte sind scheinbar ganz abweichend von denen, die wir aus der Dynamik der wägbaren Massen kennen. Es liess sich hoffen, dass in einer vollständigen und kurzen Zusammenfassung aller Wechselwirkungen des betreffenden Gebietes von Erscheinungen, wie sie in Hamilton's Variationsproblem gegeben ist, sich auch das Wesen des Unterschiedes in seinen charakteristischen Zügen zeigen müsse.

Dass die Zurückführung der Elektrodynamik auf eine dem Hamilton'schen Principe entsprechende Form möglich sei, war schon durch drei verschiedene Darstellungsformen der Elektrodynamik nachgewiesen, und für geschlossene Ströme stimmten alle drei unter einander, sowie mit den beobachteten Thatsachen vollkommen gut überein. Die älteste war die von Herrn F. E. Neumann (dem Vater) zunächst für beschränkte Fälle hingestellte und von mir selbst verallgemeinerte sogenannte Potentialtheorie. Herr Neumann hatte von Anfang an die ponderomotorischen, wie die elektromotorischen Kräfte starrer linearer Stromleiter in der von Lagrange gegebenen Form ausgedrückt. Darin entsprechen die Stromintensitäten den Geschwindigkeiten, aber, was wohl zu beachten ist, sie sind relative Geschwindigkeiten der Elektricität gegen die wäg-

bare Substanz des Leiters. Die die lebendige Kraft der elektrischen Bewegung vertretende Function ist wie in der Dynamik der wägbaren Körper eine homogene Function zweiten Grades der Stromintensitäten, die vollständig analog gebildet ist den für vollständige polycyklische Systeme aufzustellenden Formen.

Die Potentialtheorie war in vollständiger Uebereinstimmung mit dem Gesetze von der Constanz der Energie und dem von der Gleichheit der Action und Reaction, aber in ihrer damaligen Gestalt, wo sie als elektrische Bewegungen nur die elektrischen Ströme in Leitern und nicht die diëlektrischen Vorgänge in Isolatoren berücksichtigte, kam sie in Widerspruch mit dem Erfolg von Versuchen über die Induction im ungeschlossenen Kreise, welche ich selbst zur Prüfung ihrer Folgerungen anstellte, und ebenso mit denen, die Herr Rowland im Berliner Laboratorium über die elektromagnetische Wirkung elektrischer Convection ausführte.

Ausserdem ist zu erwähnen, dass Herr W. Weber die von ihm angenommenen Fernkräfte zwischen bewegten elektrischen Quantis, die von der relativen Geschwindigkeit und Beschleunigung abhängig sein sollten, auf Lagrange's Form zurückgeführt hat, und dass Herr Clausius direct von einer solchen Form ausgegangen ist, um die Werthe der Kräfte zu entwickeln. Die beiden Hypothesen sind für geschlossene Ströme in vollständiger Uebereinstimmung mit Ampère's und F. E. Neumann's Gesetzen und führen für solche auch nicht auf Widersprüche gegen das Gesetz von der Constanz der Energie, noch das von der Gleichheit der Action und Reaction. Ersteres geschieht aber nach der Hypothese von Herrn W. Weber, letzteres nach der von Herrn Clausius, sobald sie auf ungeschlossene Ströme angewendet werden, weil die von ihnen angenommenen Elementarkräfte selbst diesen Principien widersprechen.

Faraday's Betrachtungsweise der elektrischen und

magnetischen Erscheinungen dagegen bietet einen Ausweg aus diesen Widersprüchen. Dass sich auch in Isolatoren der elektrische Zustand verändert, sobald sie der Einwirkung elektrostatischer Kräfte ausgesetzt werden, indem in ihnen diëlektrische Polarisation eintritt, hat er thatsächlich nachgewiesen, ebenso wie die Magnetisirbarkeit aller bekannten Substanzen. Dass die von ihm vorausgesetzten ponderomotorisch wirksamen Spannungen und Drucke in den diëlektrisch polarisirten Substanzen wirklich bestehen, ist jetzt durch eine Reihe von experimentellen Untersuchungen constatirt. Die Frage ist nur, wie stark diese inneren Kräfte diëlektrisch und magnetisch polarisirter Substanzen sind im Vergleich zu den ursprünglich angenommenen Fernkräften. Durch alle bekannten Versuche können wir immer nur das Verhältniss zwischen den magnetischen Constanten und das Verhältniss zwischen den elektrischen Constanten verschiedener Substanzen ermitteln. Dass in dem raumfüllenden Aether alle elektrischen und magnetischen Wirkungen nur durch Fernkräfte übertragen werden, nicht auch theilweise oder vielleicht auch ganz durch solche Spannungen und Drucke, wie wir sie in elektrisirten und magnetisirten wägbaren Substanzen kennen, ist eine Hypothese, über die wir keine experimentelle Entscheidung gewinnen können. Ich habe am Schlusse meiner der Akademie am 17. Februar 1881 mitgetheilten Arbeit nachgewiesen, wie der Uebergang aus Poisson's Theorie auf Faraday's und Maxwell's, welche von den Fernkräften ganz absieht, gewonnen werden kann.

Für die Elektrodynamik ist nun Faraday's Hypothese insofern entscheidend, als in ihr alle ungeschlossenen Ströme wegfallen. Ein solcher Strom muss die Enden seines Leiters mit freier Elektricität laden, diese wirkt auf die zwischen den Enden des Leiters liegende isolirende Substanz und bringt in dieser diëlektrische Polarisation hervor, welche genau so lange und in dem Verhältniss an Stärke zunehmen

muss, als der Strom dauert und fortfährt, freie Elektricität heranzutreiben. In den sich polarisirenden Molekeln des Isolators bewegt sich die positive Elektricität von dem positiv geladenen Ende des Leiters fort gegen das negative hin, die negative Elektricität umgekehrt, und so bildet diese Entstehung und Steigerung der Polarisation des Diëlektricums eine Fortsetzung des Stromes im Leiter, der unter diesen Umständen natürlich nur einen Moment dauern kann, und zwar ist unter Faraday's Hypothese der Strom im Diëlektricum eine vollständig äquivalente Fortsetzung und Schliessung jenes Stromes."

Dieser Einleitung folgen mathematische Entwickelungen, welche in seiner grossen Arbeit vom Jahre 1892 eine weitere Ausführung gefunden haben.

Aber immer brechen alle diese Versuche ab, wenn die Darstellung der in dieser Arbeit überwundenen grossen mathematischen Schwierigkeiten zur Klarheit und Darlegung der wahren Bedeutung der complicirten Rechnungen geführt werden soll — und anders konnte er den Weg nicht erkennen, den die Natur selbst ihn zur Ausgestaltung seiner tiefen Gedanken führen sollte. In der am 14. Juni 1894 der Akademie vorgelegten Arbeit gelang es ihm, sich dem Ziele, das er sich gesteckt, schon mehr zu nähern.

Helmholtz hatte früher die von Maxwell und Hertz aufgestellten Gesetze der Elektrodynamik in eine verallgemeinerte Form des Princips der kleinsten Wirkung zusammengefasst und die Frage auf die Entscheidung zurückgeführt, ob der bekannte Werth der gesammten Energie der elektromagnetischen Vorgänge mit dem von Maxwell angegebenen System der ponderomotorischen Kräfte zusammenpasst oder noch den Zusatz einer nach den Geschwindigkeiten linearen Function verlangt. Es waren aber, wenn die ponderomotorischen Kräfte aus dem genannten Princip hergeleitet werden sollen, bei der von ihm gegebenen Darstellung

Variationen nach den Coordinaten und nach den entsprechenden Geschwindigkeitscomponenten herzuleiten, die zu sehr verwickelten Rechnungen führten. Eine einfachere und übersichtlichere Methode der Lösung des Problems, welche diese rein formalen Schwierigkeiten zu beseitigen bestimmt war, sollte den Inhalt der unvollendet gebliebenen Arbeit bilden, deren Ergebniss, wie er angiebt, seine frühere Untersuchung bestätigt hat.

Es findet sich noch aus dem Juni eine kurze Aufzeichnung vor, welche sich auf diese Frage bezieht und das Ziel seiner Untersuchung etwas klarer formulirt, betitelt „Weitere Untersuchungen über die Vollständigkeit der unbekannten elektrodynamischen Kräfte“:

„In meinem der Akademie unter dem 10. März 1892 vorgelegten Aufsatze habe ich versucht, das von Maxwell aufgestellte System der elektrodynamischen Kräfte darauf hin zu prüfen, ob sich dasselbe unter eine Ausdrucksform bringen lässt, welche dem Princip der kleinsten Wirkung entspricht, wenn man letzteres Princip in seiner weiteren Form nimmt, die nur verlangt, dass sich eine bestimmte Function der den gegenwärtigen Zustand des Systems bestimmenden Grössen und ihrer Aenderungsgeschwindigkeiten finden lässt, deren Integral über die Zeit und alle Massen des Systems genommen die Bewegungsgleichungen desselben ergiebt, wenn man die Bedingungen aufsucht, welche erfüllt werden müssen, damit die Variation des genannten Integrales zwischen gegebenen Anfangs- und Endzuständen gleich Null wird.

Es gelang mir auch damals, eine Form des kinetischen Potentials und Gleichungen für die Darstellung der eigenthümlichen Beziehungen zwischen elektrischen und magnetischen Polarisationen zu finden, die der gestellten Aufgabe zu entsprechen schienen; sie ergaben das System der Maxwell'schen Gleichungen sowohl in Bezug auf die elektrischen als auch magnetischen und ponderomotorischen

Kräfte. Wenn man also diese verschiedenen Arten von Kräften durch die bisherigen Untersuchungen als ausreichend bekannt betrachten durfte, so war zunächst kein Grund, an der Richtigkeit des gefundenen kinetischen Potentials zu zweifeln.

Nun hatten aber meine früheren Untersuchungen über den physikalischen Sinn des Princips von der kleinsten Wirkung schon gezeigt, dass die Aufgabe, aus dem Werthe der Energie die Form des kinetischen Potentials herzuleiten, nicht eindeutig gelöst werden kann, dass dabei vielmehr eine unbekannte lineare Function der Geschwindigkeiten zum kinetischen Potential hinzutreten kann, welche sich aus dem Werthe der Energie weghebt, wohl aber Einfluss auf die Werthe der Kraftcomponenten hat. Die von mir damals gefundene Form des elektrokinetischen Potentials erhielt nun in der That eine solche lineare Function der Geschwindigkeiten, deren Richtigkeit nicht verbürgt erschien, da die Ergebnisse der älteren Versuche allerdings über die grösseren Energievorräthe der elektrischen und magnetischen Bewegungen ausreichenden Aufschluss gaben, aber nicht über die schnell vorübergehenden schwachen Kräfte elektrischer Oscillationen, wie sie namentlich in metallisch nicht geschlossenen Stromkreisen vorkommen können.

Mein späterer Aufsatz vom 6. Juli 1893 zeigt nun in der That, dass die elektrodynamischen Kräfte, die Maxwell bekannt waren und von ihm in seiner Theorie berücksichtigt worden sind, kein System bilden, deren Kräfte sich gegenseitig ebenso im Gleichgewicht halten, wie bei den Bewegungen schwerer Systeme die der Beschleunigung entgegengesetzten Kräfte des d'Alembert'schen Princips den übrigen Bewegungskräften des bewegten Systems auch während der Bewegung fortdauernd das Gleichgewicht halten. Sie würden es thun, wenn man allen Theilen des bewegten elektromagnetischen Aethers einen endlichen Grad von Trägheit zuschreiben dürfte.

Für die Mechanik eines solchen Aethers treten dann die Schwierigkeiten ein, die ich in jenem Aufsatze hervorgehoben habe. Nach den von Hertz ausgeführten Messungen der Inductionsströme muss die Trägkeit der bewegten Elektricität selbst in metallischen oder elektrolytischen Leitern viel kleiner gesetzt werden, als die irgend einer uns bekannten ponderabeln Masse, wenn nicht im strengen Sinne gleich Null. Massen von verschwindender Trägheit würden aber durch jede endliche Bewegungskraft, die nicht durch eine gleich grosse entgegengesetzte im Gleichgewicht gehalten wird, in unendlich schnelle Bewegung gerathen und würden also eine unmögliche Mechanik ergeben. Unter diesen Umständen schien es mir nothwendig, zu untersuchen, ob nicht andere Annahmen über den mechanischen Zusammenhang des Aethers gemacht werden könnten, welche ein brauchbareres Resultat ergeben.

Die in meiner Abhandlung über das Princip der kleinsten Wirkung in der Elektrodynamik enthaltenen Hypothesen über den gegenseitigen Einfluss bewegter Aethermassen knüpfen sich an zwei Beobachtungsthatsachen,

1. den Satz, dass die in einer geschlossenen Linie inducirte magnetische Gesammtkraft unverändert bleibt, so lange die Anzahl und Intensität der elektrischen Stromfäden, welche durch das Innere der genannten geschlossenen Linie hindurchgehen, constant bleibt,
2. den entsprechenden Satz für die elektrisch inducirte Kraft in geschlossener Bahn, welche durch magnetische Stromfäden hervorgerufen wird, die durch das Innere der Bahn hindurchgehen.

Auf diese Weise bestimmen sich die Variationen de elektrischen und magnetischen Kräfte, die durch die Aenderungen der Lage und Polarisation der benachbarten Aethervolumina bedingt werden, ganz unzweideutig aus den beobachteten physikalischen Erscheinungen. Die Kenntniss dieser Variationen genügt aber, um die Aenderungen der

elektrischen und magnetischen Kräfte abzuleiten, wie dies in dem Aufsatz geschehen ist.

Sobald wir aber zu der Vorstellung übergehen, dass die Aethervolumina selbst ihren Platz, ihre Grösse und Form verändern können und gegenseitig dabei mechanische Kräfte auf einander ausüben, die ihre Bewegungsweise ändern können, so hängt die Berechnung dieser Kräfte von der Kenntniss der Variationen der Lage der Massenpunkte des Aethers ab, über welche bisher noch keine Festsetzung gemacht ist, und es musste also noch eine Form der Hypothese für dieselben gesucht werden, welche zu einem in sich consequenten System der Mechanik führt.

Die in dem Aufsatz von 1893 gemachte Annahme dieser Art schliesst sich ihrer analytischen Form nach den beiden für die elektrischen und magnetischen Kräfte hingestellten an und führte zu einem Resultat, was mit Maxwell's Annahmen für die Werthe auch der ponderomotorischen Kräfte von mechanischen Systemen, in denen Elektricität und Magnetismus sich bewegt, vollständig übereinstimmte, und schien also in dieser Beziehung ein sehr befriedigendes Resultat zu ergeben.

Da ich aber erkannte, dass der einen Voraussetzung über die Variationen der Kräfte durch strömenden Aether die physikalische Begründung fehlte, wie sie für die Variationen der elektrisch und magnetisch inducirten Kräfte im ruhenden Aether sich sicher geben lässt, so sah ich mich veranlasst, nach Abänderung dieses Theiles der Theorie zu suchen, und fand in der That einen Weg, die besprochenen Schwierigkeiten zu beseitigen, und zwar einfach durch die Annahme, dass keine andere Art von Variation der Kräfte existirt als die durch die schon erwähnten Formänderungen der Volumelemente hervorgerufenen.

Diese geänderte Annahme führt auch zu einer sehr viel einfacheren und viel übersichtlicheren Ableitung des Werthes der ponderomotorischen Kräfte.“

Auch in diesem Entwurfe bricht die folgende mathematische Untersuchung mitten in der Entwickelung ab, wie in der oben besprochenen Mittheilung in der Akademie. Aber sein Geist blieb unaufhörlich mit der Durchforschung dieser so überaus schwierigen Materie beschäftigt.

Am Sonntag, den 9. Juli, an welchem Tage er sich bei seiner Tochter in Wannsee die Correctur zur Vorrede von Hertz's Mechanik hatte vorlesen lassen, fand ihn diese, nachdem sie in der Absicht, mit ihm eine Ausfahrt zu machen, ihn lange Zeit vergeblich im ganzen Hause gesucht hatte, an einem stillen Fenster sitzend, sein kleines Notizbuch und Bleistift in Händen, in Gedanken vertieft. „Sein Auge leuchtete und eine auffallende Freudigkeit lag auf seinem Wesen.“ Er äusserte, dass er an diesem Tage Glück gehabt und etwas gefunden habe, was er und seit langer Zeit viele vor ihm gesucht haben; er werde aber vor Mittwoch keine Zeit finden, seine Gedanken aufzuzeichnen, die er dann am Donnerstag der Akademie vorlegen wolle. Am 10. schwankte er wieder, ob wohl alles in seiner Ueberlegung richtig sei — aber er blieb bis zu seinem Tode in dem Banne der Vorstellung, dass alle Erscheinungen der Natur dem Princip der kleinsten Wirkung in der von ihm gegebenen ganz allgemeinen Form unterworfen seien, eine Anschauung, die auch Hertz von ihm übernommen und über deren Allgemeingültigkeit erst die Zukunft entscheiden wird.

Noch während des Sommers erschien in der Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane eine Arbeit von Helmholtz, betitelt „Ueber den Ursprung der richtigen Deutung unserer Sinneseindrücke“, welche dann von ihm selbst noch für die im Erscheinen begriffene zweite Auflage des Handbuchs der Physiologischen Optik umgearbeitet wurde; die Schlusslieferungen derselben erschienen erst im folgenden Jahr.

Diese letzte Arbeit physiologisch-psychologischer Natur

ist deshalb von so hohem Interesse, weil sie die Anschauungen von Neuem darlegt und begründet, welche er in seinen ersten Königsberger Arbeiten gewonnen, und weil er am Ende seines forschungsreichen Lebens sich von Neuem als treuer Anhänger der empiristischen Theorie erweist, ohne der nativistischen in gewissen Umgrenzungen ihre Berechtigung abzusprechen. Aber nach jeder Richtung hin bleibt er ein entschiedener Gegner jeglicher metaphysischer Speculation. Schon früher hatte er in herrlicher Ironie die verschwommene Nachahmung des Gesetzes der kleinsten Wirkung abgewiesen, wodurch der „Schopenhauer'sche Pessimismus, welcher diese Welt zwar für die beste unter den möglichen Welten, aber für schlechter als gar keine erklärt, zu einem angeblich allgemein gültigen Princip von der kleinsten Summe der Unlust formulirt und dieses als oberstes Gesetz der Welt, der lebenden wie der leblosen, proclamirt werden sollte". Aber er verwahrt sich bei einer anderen Gelegenheit gegen den Vorwurf, dass man seine Gegnerschaft gegen jede, wie auch immer geartete metaphysische Speculation etwa auf das Gebiet philosophischer Forschung überhaupt übertrage:

„Indem ich den Namen der Metaphysik hier auf diejenige vermeintliche Wissenschaft beschränke, deren Zweck es ist, durch reines Denken Aufschlüsse über die letzten Principien des Zusammenhanges der Welt zu gewinnen, möchte ich mich nur dagegen verwahren, dass das, was ich gegen die Metaphysik sage, auf die Philosophie überhaupt bezogen werde. Mir scheint, dass nichts der Philosophie so verhängnissvoll geworden ist, als ihre immer wiederholte Verwechselung mit der Metaphysik. Letztere hat der ersteren gegenüber etwa dieselbe Rolle gespielt, wie die Astrologie neben der Astronomie. Die Metaphysik war es, welche hauptsächlich die Augen des grossen Haufens der wissenschaftlichen Dilettanten auf die Philosophie gerichtet und ihr Schaaren von Schülern und Anhängern zugeführt hat, freilich viel-

fach solche, die ihr mehr schadeten, als die erbittertsten Gegner hätten thun können. Es war die täuschende Hoffnung, auf einem verhältnissmässig schnellen und mühelosen Wege Einsicht in den tiefsten Zusammenhang der Dinge und das Wesen des menschlichen Geistes, in die Vergangenheit und Zukunft der Welt erlangen zu können, worin das aufregende Interesse beruhte, das so viele dem Studium der Philosophie zuführte, ebenso wie die Hoffnung, Vorhersagungen für die Zukunft zu gewinnen, ehemals der Astronomie Ansehen und Unterstützung verschaffte. Was die Philosophie uns bisher lehren kann oder bei fortgesetztem Studium der einschlagenden Thatsachen uns einst wird lehren können, ist zwar vom höchsten Interesse für den wissenschaftlichen Denker, der das Instrument, mit dem er arbeitet, nämlich das menschliche Erkenntnissvermögen, nach seiner Leistungsfähigkeit genau kennen lernen muss. Aber zur Befriedigung dilettantischer Wissbegier oder, was noch mehr in Betracht kommt, menschlicher Eigenliebe, werden diese strengen und abstracten Studien wohl auch in Zukunft nur geringe und schwer zu hebende Ausbeute liefern, gerade so wie die mathematische Mechanik des Planetensystems und die Störungsrechnungen trotz ihrer bewunderungswürdigen systematischen Vollendung viel weniger populär sind, als es die astrologische Afterweisheit alter Zeit gewesen ist."

Und auf diesen, fast zwanzig Jahre zuvor klar gekennzeichneten Standpunkt stellt er sich nun in dem für seine physiologische Optik völlig umgearbeiteten Abschnitte „Von den Wahrnehmungen im Allgemeinen".

Indem er hier wieder seine schon vor fünfzig Jahren aufgestellten Anschauungen über Nativismus und Empirismus näher ausführt, erläutert er an dem Beispiel von der Erlernung einer Sprache, dass wir durch häufige Wiederholungen gleichartiger Erfahrungen dazu gelangen können, eine regelmässig immer wieder eintretende Ver-

bindung zwischen zwei verschiedenen Perceptionen herzustellen und mehr zu befestigen, die ursprünglich gar keinen natürlichen Zusammenhang zu haben brauchen. Am ausnahmslosesten wird eine Verbindung zweier Beobachtungsthatsachen sich immer wiederholen, wenn dieselbe durch ein Naturgesetz gefordert wird, welches entweder die Gleichzeitigkeit oder die regelmässige Aufeinanderfolge derselben in bestimmter Frist verlangt. Er geht wiederum ausführlich auf den schon früher hervorgehobenen Gegensatz zwischen der Kenntniss eines Objectes, vermöge welcher wir ein durch sinnliche Eindrücke gegebenes Anschauungsbild desselben in uns tragen, zu dem in Worte zu fassenden Wissen ein und erläutert diese Gegensätze durch die verschiedensten Beispiele aus der physiologischen Optik. Nach genauer Definition der Begriffe: Anschauen und Denken wird er naturgemäss auf seine schon viel früher aufgestellte Theorie der Inductionsschlüsse und unbewussten Schlüsse geführt, auf die falschen Inductionen und Sinnestäuschungen, und geht auf interessante Betrachtungen über den Grad der Täuschung ein, wobei der Begriff der Aufmerksamkeit schon nach seinen frühesten Arbeiten eine wesentliche Rolle spielt.

„Das Endergebniss der angeführten Ueberlegungen und Erfahrungen glaube ich dahin zusammenfassen zu dürfen:

1. Als Wirkungen angeborener Organisation finden wir beim Menschen Reflexbewegungen und Triebe, letztere die Gegensätze des Wohlgefallens an einzelnen Eindrücken, des Missfallens gegen andere umschliessend.
2. Bei der Bildung von Anschauungen spielen Inductionsschlüsse, gewonnen durch unbewusste Arbeit des Gedächtnisses, eine hervorragende Rolle.
3. Es erscheint zweifelhaft, ob im Vorstellungskreise der Erwachsenen überhaupt Kenntnisse vorkommen, die eine andere Ursprungsquelle erfordern."

Am 11. Juli war er noch völlig geistig frisch. Nachdem

er am 12. Mai dem Vorsitzenden der Peter-Wilhelm-Müller-Stiftung, Herrn August Müller in Frankfurt a. M., zur Uebernahme der Preisrichterstellen bei der Vertheilung eines Preises von 15000 Mark Lipschitz und mich vorgeschlagen, sandte er noch am 11. Juli Vormittags folgenden Brief an mich ab:

„Verehrter Freund, ich habe durch Dr. Hans Müller, einen der Curatoren der Peter-Müller-Stiftung, erfahren, dass Sie eingewilligt haben, die Stellung als Preisrichter für die in diesem Jahre zu ertheilende Vergebung eines mathematischen oder mathematisch-physikalischen Preises zu übernehmen. Ich erlaube mir Ihnen als den mit dem Preise zu Krönenden den im Anfang dieses Jahres verstorbenen Heinrich Hertz vorzuschlagen. Was die Grösse seiner Entdeckungen und deren wissenschaftliche Durchführung betrifft, so glaube ich ihn allen Zeitgenossen voranstellen zu müssen. Der Umstand, dass er gestorben ist, schliesst, soweit ich aus den Statuten erkennen kann, die Ertheilung des Preises nicht aus, auch reichte sein Leben noch in dieses Jahr hinein. Ich habe darüber auch den vorgenannten Dr. Hans Müller befragt, der derselben Meinung war, und dem mein Vorschlag zu gefallen schien, er wollte nur keine definitive Antwort ohne Rücksprache mit den anderen Curatoren geben.

Wenn Sie dem Vorschlage zustimmen, der mir auch eine Schuld unserer Nation zu tilgen scheint, insofern Hertz während seines Lebens von den deutschen Landsleuten viel weniger geehrt worden ist, als vom Auslande, viel weniger jedenfalls, als seinen Verdiensten entsprach, so können wir die Abstimmung kurz schriftlich abmachen. Haben Sie Zweifel oder wollen Sie einen anderen Vorschlag machen, so bitte ich Sie, es mich wissen zu lassen. Wir müssen dann eine Zusammenkunft verabreden, wozu ich Bonn vorschlagen möchte, da Lipschitz von uns dreien das Reisen wohl am schlechtesten verträgt.

Ich bleibe noch bis 2. August hier, gehe dann nach Gastein, Mitte September nach Wien zur Naturforscherversammlung. Unser Endurtheil wünscht man nur vor Ablauf des Jahres zu haben.

Darf ich Sie bitten, mich zu benachrichtigen, welche Zeit Ihnen am besten passen würde. . . ."

Lipschitz und ich stimmten dem Vorschlage von Helmholtz zu — unsere Antworten konnte er sich nur noch vorlesen lassen. Das Curatorium musste auf Grund der Statuten im Beginn des nächsten Jahres den Vorschlag ablehnen, Lipschitz trat aus Gesundheitsrücksichten aus der Commission; auf Wunsch des Curatoriums schlug ich als Mitglieder der Commission Warburg und Planck vor, und Weierstrass erhielt auf unsern Vorschlag den Preis.

Am 11. Juni — am Abend desselben Tages, an welchem Helmholtz mir geschrieben — begleitete er seine Tochter und deren Kinder an den Zug, der sie für die Ferienzeit nach Holland bringen sollte. „Sein letzter scheidender Blick, der voll tiefer Bewegung sich an die Seinen klammerte, wirkte auf Alle, die ihn geschaut, wie eine Vorahnung grosser Schicksalsstunden."

„Am Morgen des 12.", schreibt mir Wachsmuth, „wurde ich aus der Reichsanstalt geholt. Helmholtz war über den Hausflur gegangen, hatte plötzlich nicht weiter gekonnt, der Diener war zugesprungen, hatte ihn noch in seine Stube führen können und auf das Sofa gelegt. Die Bewegungslosigkeit hatte, offenbar durch eine um sich greifende Zerstörung bei der Gehirnblutung, langsam zugenommen. Am Vormittag sprach er noch ruhig über alle zu verändernden Dispositionen, ich schrieb noch eine Reihe von Briefen in seinem Auftrage. Der erste Arzt, der kam, war Bardeleben, ihm folgten Gerhardt und Leyden, doch war Helmholtz zu sehr selbst Mediciner, um nicht die Sachlage völlig zu übersehen. Dann folgten wirre, wie klare Zeiten, mühsamste Pflege, Erinnerungen an Amerika

und den Niagarafall, schliesslich eine doch deutlich erscheinende Besserung."

Am 18. Juli schreibt Frau von Helmholtz ihrer Schwester:

„. . . Seine Gedanken gehen wirr durch einander, Wirklichkeit und Traumleben, Wünsche und Geschehenes, Ort und Zeit sind in nebelhafter schwankender Bewegung vor seiner Seele — meist weiss er nicht, wo er ist — glaubt auf Reisen, in Amerika, auf dem Schiffe zu sein. Die Bilder vom Niagara musste ich herannehmen lassen . . . Es ist immer, als wäre seine Seele weit, weit weg, in einer schönen edlen Sphäre, wo nur Wissenschaft und ewige Gesetze herrschen — dann stimmt das mit nichts, was ihn umgiebt, und er wird unklar und irre . . ."

Mit einem Funken von Hoffnung konnte am 31. August sein Geburtstag gefeiert werden; „er freute sich der festlicheren Stimmung, welche an diesem letzten lichteren Tage durch sein Haus zog, wenn auch der Druck des nahenden Verhängnisses alle erzittern liess, welche aus- und eingingen." Schon am folgenden Tage wurde er matter, sprach angstvoll von Pensionirung und beruhigte sich erst, als seine Frau ihm erzählte, dass der Unterstaatssecretär von Rottenburg an seinem Geburtstage zu ihnen gekommen sei und erklärt habe, der Kaiser werde nie in seine Pensionirung willigen.

Die folgenden Tage brachten erneute Lähmungserscheinungen; es begann eine Reihe schwerer Tage und Nächte, in denen sich das Erlöschen der Lebenskräfte vollzog — bis nach den unsäglichen Leiden der letzten Tage am 8. September Nachmittags um 1 Uhr 11 Minuten das Ende eintrat.

Am Sterbebette weilten die Gattin, die Söhne des Verstorbenen, seine Tochter nebst ihrem Gatten, Frau Johannes, Wachsmuth und die behandelnden Aerzte Professor Renvers, Dr. Bein und Dr. Kirchhoff, der Sohn

des vor ihm hingegangenen Freundes. Professor Renvers constatirte den eingetretenen Tod.

„Sein früher Tod, der ihn aus voller Schaffenskraft hinweggerafft“, sagt du Bois, „ist nicht bloss als ein für die Wissenschaft unsagbarer Verlust, sondern sogar als nationales Unglück empfunden worden.“

Kaiser Wilhelm II. richtete am 8. September 1894, 9 Uhr Nachts, das nachfolgende Telegramm an die Wittwe:

„Die Nachricht von dem Dahinscheiden Ihres Gemahls hat mich um so tiefer erschüttert, als mir sein lebensvolles Bild noch aus unserm letzten Zusammensein in Abbazia vor Augen steht. Ich spreche Ihnen meine herzlichste Theilnahme an diesem schweren Verluste aus und hoffe, dass es in Etwas zu Ihrem Troste gereichen wird, dass mit Ihnen die wissenschaftliche Welt, das Vaterland und Ihr König trauern.“

Die Naturforscher Europas hatten mit Spannung dem Ende des September entgegen gesehen, alle Welt wusste, dass Helmholtz zugesagt, auf der Naturforscherversammlung in Wien einen Vortrag zu halten „Ueber dauernde Bewegungsformen und scheinbare Substanzen“. In einem an den Vorsitzenden der Naturforscherversammlung in Wien, Siegmund Exner, gerichteten Briefe hatte er sich zu einem Vortrage in der allgemeinen Versammlung bereit erklärt, doch sei es bei seinem hohen Alter nicht leicht, eine definitive Zusage zu machen,

„desshalb schliesse ich mit dem bekannten Räthsel:
Das erste ist nicht wenig, Das zweite ist nicht schwer, Das Ganze macht Dir Hoffnung, Doch trau' ihm nicht zu sehr.“

Die Nachricht von dem Tode des grössten Forschers seiner Zeit legte sich wie ein dunkler Schatten über die Versammlung; in warm empfundenen, trefflichen Worten pries der Altmeister der Geologie, E. Suess, die unvergleichlichen Leistungen von Helmholtz, der so häufig die Zierde und der Stolz dieser Versammlungen gewesen.

Es mögen hier die kurzen Aufzeichnungen, „Naturforscher-Rede“ überschrieben, eine Stelle finden, die in engem Zusammenhange mit dem Thema stehen, welches er sich zum Gegenstand seines Vortrages gewählt hatte:

„Hochgeehrte Versammlung! Für das geeignetste Thema, welches ein Redner wählen kann, der in einer der allgemeinen Sitzungen der Naturforscher zu reden übernommen hat, halte ich es, von Zeit zu Zeit die Veränderungen zu besprechen, die in den allgemeinen Gesichtspunkten der Naturwissenschaft eingetreten sind. Solche Aenderungen treten ja in Wissenschaften, die schon einen hohen Grad von Durcharbeitung erreicht haben, nur langsam ein und in kleinen vereinzelten Schritten. Erst nach verhältnissmässig langen Perioden machen sie sich deutlich bemerklich, aber dann auch zunächst nur für Männer, die auf die Erfahrung eines langen eigenen Lebens zurückschauen können, während dessen sie inmitten der wissenschaftlichen Arbeit und der dabei auftauchenden Ueberlegungen und Zweifel gestanden haben, oder auch bei solchen, die durch besonders eingehende historische Studien entsprechende Kenntniss des Entwickelungsganges der Wissenschaft gewonnen haben.

Indem ich es unternehme, Ihnen von einer solchen Aenderung der naturwissenschaftlichen Gesichtspunkte zu sprechen, bitte ich als unumgänglich nothwendig zu entschuldigen, dass ich nicht nur von allerneuesten Entdeckungen reden kann, sondern von manchem Altbekannten reden muss, was aber im Lauf der Zeiten seine Tragweite verändert hat, indem es unter neue Gesichtspunkte gerückt ist.

Ich kann den Hauptgegenstand meines Vortrages damit bezeichnen, dass ich von dem Wesen der Substanzen reden will, dieses Wort aber in seinem älteren und weiteren Sinne gefasst.

Nach modernem Sprachgebrauch verstehen wir unter Substanzen ausschliesslich materielle Stoffe, welche zur Zeit

in bestimmten Orten des Raumes verweilen, unzerstörbar und unvermehrbar sind, eine bestimmte Masse, d. h. ein bestimmtes Beharrungsvermögen bei ihrer Bewegung haben, dabei auch, so weit wir sicher wissen, immer der allgemeinen Gravitationskraft unterliegen, also ein ihrer Masse proportionales Gewicht haben, und die Träger von unveränderlichen Kräften sind, mit denen sie auf andere Massen wirken. Durch ihre mechanischen Kräfte und durch ihr Beharrungsvermögen, d. h. ihren Widerstand gegen Bewegung werden sie für unsern Tastsinn wahrnehmbar, sie afficiren auch unsere anderen Sinne bei vielen Gelegenheiten und in sehr mannigfacher Weise, so dass es leicht war und ist, ihre Eigenschaften, die Bedingungen ihrer Ruhe und Bewegung kennen zu lernen. Wir kennen eine ziemlich grosse, aber doch begrenzte Anzahl solcher unzerstörbarer Substanzen, die chemischen Elemente, und eine immer mehr anwachsende Menge zusammengesetzter anderer, die chemischen Verbindungen, welche letzteren aber nicht unzerstörbar und unvermehrbar sind, in so weit sie aus den ersteren zusammengesetzt und in sie wieder aufgelöst werden können.

Im alten Sinne aber war der Begriff der Substanz umfassender; er entsprach mehr dem Wortsinn der Bezeichnung, id quod substat, das, was im Hintergrunde oder hinter der veränderlichen Erscheinungsweise fortbesteht, im Griechischen war es *ἡ οὐσία*, das Seiende oder das Wesen, worunter aber nicht bloss materielle Dinge verstanden wurden, sondern auch die Begriffe von Klassen von Dingen, die einem gemeinsamen Gesetze folgen, von denen man freilich nicht viel Bestimmtes zu sagen wusste, und bei deren Attributen man überwiegend auf das Spiel der Phantasie angewiesen war. Die Hauptmodelle, welche man dafür hatte, waren der menschliche Geist und das die Vorgänge im lebenden Organismus regulirende Princip, die Lebensseele oder Lebenskraft. In der Namenswahl brauchte man Vergleiche mit dem Stofflosesten, was man in der Welt kannte. Das

Lebensprincip wurde nach einander als das ἔμφυτον θερμον, die eingeborene Wärme des Hippokrates, die bis auf das vom Prometheus entwendete Feuer des Zeus zurückleitet, später als das πνευμα, der Hauch des Galen, als die anima inscia, die unbewusste Seele G. E. Stahl's, oder der Archaeus des Paracelsus, eine Art hülfreicher Kobold. Auch der bewusste Geist des Menschen und selbst der heilige Geist wurden bildlich als Hauch oder Wehen, als Pneuma, ihre Mittheilung als eine Inspiration, ein Einathmen bezeichnet.

Aber so wenig man auch diesen Begriff der immateriellen Substanz fest fassen und seine Attribute klar bestimmen konnte, hielt man daran fest, und der Streit über die Substantialität oder Nicht-Substantialität des menschlichen Geistes wird noch in diesem Augenblick lebhaft fortgeführt. Auch ist unverkennbar der Hauptpunkt, um den es sich handelt, das wichtigste Attribut der Substanz, die Unzerstörbarkeit derselben, die Unsterblichkeit der bewussten Seele, und wenn man die Lebensseele von dieser getrennt denkt, die Idee der Seelenwanderung.

Was nun in der Ausmalung dieser Vorstellungen durch die verschiedenen Nationen und Secten des Menschengeschlechts willkürlich, phantastisch, widerspruchsvoll und geschmacklos war, brauche ich Ihnen hier nicht auseinanderzusetzen, das ist in den letzten Jahrhunderten reichlich erörtert worden, auch mache ich keinen Anspruch darauf, Ihnen heute hier die letzten Räthsel der Seelenkunde und der Weltregierung lösen zu wollen. Aber thatsächliche Kenntniss von Grössen, die dem alten Begriff der immateriellen Substanzen entsprechen, unzerstörbar, unvermehrbar, wirkungskräftig im Raume, aber nicht nothwendig theilbar mit dem Raume sind und in so fern dem Begriffe der immateriellen Substanzen entsprechen, hat uns das letzte Jahrhundert in der That gebracht.

Ich meine nicht die sogenannten Imponderabilien, die

in der älteren Physik eine grosse Rolle gespielt haben. Denn diese wurden vorgestellt nur als materielle Substanzen ähnlich den Gasen, den Raum füllend, nur nicht unterworfen der Schwerkraft, aber mit Beharrungsvermögen begabt wie schwere Massen. Die neuere Physik nimmt nur noch eine solche imponderable Substanz, den sogenannten Lichtäther an, das Medium, welches den Weltraum füllt zwischen den in ihm weilenden wägbaren Körpern, auch diese durchdringend, und dessen Anwesenheit sich uns dadurch verräth, dass seine Oscillationen unserem Auge als Licht erscheinen und, schwere Körper treffend, in diesen Wärme oder auch elektrische und magnetische Spannungen hervorrufen.

Seinem Begriff nach würde der Lichtäther immer noch in dieselbe Klasse mit den wägbaren Körpern gehören.

Von den Grössen, auf die der Begriff der immateriellen Substanzen passt, will ich Ihnen hier zunächst diejenige vorführen, die wir am vollständigsten kennen, von der Sie wahrscheinlich am häufigsten haben reden hören und deren Begriff Ihnen daher am vertrautesten sein wird. Es ist dies der Vorrath von Energie, von wirkungsfähiger Triebkraft, der in der Welt wirkt, ein Proteus, der in den mannigfachsten Erscheinungsformen auftreten und zwischen ihnen hin und her wechseln kann, und doch unveränderlich in seiner Grösse, unzerstörbar, unvermehrbar.

Ein von der Erde zur Höhe gehobenes Gewicht repräsentirt uns Energie, die wir benutzen können, um Uhren oder allerlei kleinere Maschinen zu treiben. Ein vom Berge herabfliessender Bach kann schon grosse Maschinen treiben. Von diesen Beispielen entnehmen wir das Grundmaass der Energie, wir messen sie durch das gehobene Gewicht, multiplicirt mit der Erhebungshöhe und mit der Intensität der Schwere, also in Kilogrammetern.

Die Geschwindigkeit einer bewegten Masse ist wiederum das Aequivalent einer Triebkraft, die wir mit einem alten Namen als die lebendige Kraft derselben bezeichnen. Ein

fallendes Gewicht kommt in immer zunehmende Geschwindigkeit, d. h. die Energie seiner Hebung geht, während die Hebung verloren geht, in die Form der lebendigen Kraft über, und wenn man es schliesslich zwingt, seine fallende Bewegung durch eine gekrümmte Bahn wieder in eine steigende umzulenken, so kann es durch diese wieder zu der Höhe steigen, von der es herabgekommen ist.

Die gespannte Feder eines Uhrwerks enthält einen Energievorrath, ein comprimirtes Volumen von Gasen und Dämpfen ebenso. Die letzteren treiben uns Dampfmaschinen und Heissluftmaschinen.

Die Quanta gepresster Gase und Dämpfe in den letzteren Maschinen gewinnen wir durch Zuleitung von Wärme. Wärme ist Energie. Sie kann aus mechanischer Bewegung hervorgehen, wenn diese durch Reibung und unelastischen Stoss vernichtet wird, und sie wird in den genannten Maschinen wieder in mechanische Energie zurückgeführt.

Chemische Kraft ist Energie und zwar von sehr grossem Aequivalent. Sie liefert uns den grössten Theil unserer künstlich zu unserm Nutzen erzeugten Wärmevorräthe. Sie kann aber auch ohne äquivalente Wärmebildung uns direct durch elektrische Vermittlung mechanische Triebkräfte liefern und chemische Energie wiederherstellen.

Je sorgfältiger diese tausendfältigen Wechselbeziehungen zwischen den verschiedensten Naturkräften studirt worden sind, desto genauer hat sich der Satz bestätigt, dass bei keinem derselben Energie vernichtet oder gewonnen wird. Es bleibt immer derselbe unveränderliche Vorrath, der nur seine Erscheinungsweise wechselt.

Selbst in den verwickeltesten und feinsten aller Naturvorgänge, in denen des organischen Lebens, herrscht dasselbe Gesetz. Die Thiere entnehmen die Energie, die sie entwickeln, der langsamen Verbrennung der von ihnen aufgenommenen Nahrungsmittel mit dem eingeathmeten Sauerstoff der Luft und geben dafür nach aussen ab Wärme und



mechanische Arbeit. Die Pflanzen dagegen haben ihre Hauptkraftquelle im Sonnenlicht und erzeugen dafür die verbrennliche Substanz ihres Körpers und freien Sauerstoff, den sie an die Luft zurückgeben.

Dieser ungeheure, unveränderliche Vorrath von Energie ist, trotzdem er die Unzerstörbarkeit der materiellen Substanzen, beziehlich des Lichtäthers theilt, keine Substanz nach Analogie dieser. Er haftet auch nicht an irgend einer oder einigen Substanzen, wenn er auch zeitweilig einziehen kann und gleichsam wohnen kann in ponderablen Stoffen, sei es als elastische Spannung, oder als Wärme, oder als chemische Verwandtschaft. Die Energie ist auch nicht einmal einfach an einen Ort im Raume gebunden, oder mit dem Raume theilbar, wie eine materielle Substanz. Zwar kommen Formen derselben vor, wo man ihr einen begrenzten Naturkörper als ihren Wohnsitz anweisen kann, insofern dieser in heftiger Bewegung begriffen, oder sehr heiss ist, oder stark comprimirt ist. Daneben bleiben aber eine ganze Reihe von Formen der Energie stehen, wo diese nur durch die Beziehungen zweier Körper zu einander gegeben ist. Der grösseste Energievorrath, den wir kennen, ist uns in der Gravitation der Weltkörper gegen einander gegeben und hängt von der Grösse ihres gegenseitigen Abstandes ab, indem er um so kleiner wird, je näher die sich anziehenden Körper einander kommen.

Ebenso steht es bei den chemischen Verwandtschaften. Die Energie, welche bei der Vereinigung des Sauerstoffs und des Kohlenstoffs zum Vorschein kommt, besteht weder im Sauerstoff allein, noch im Kohlenstoff allein. Sie besteht nur im Verhältnisse beider zu einander, sei es, dass man sie als eine unmittelbare betrachtet oder als eine, die durch Einmischung elektrischer Kräfte vermittelt wird. Da sie also weder in dem Raume, den der Sauerstoff einnimmt, noch in demjenigen, den der Kohlenstoff einnimmt, allein

enthalten ist, so kann man sie überhaupt nicht in einen bestimmten Ort verlegen.

Wir kennen noch einige Grössen ähnlicher Art, wie der Energievorrath eines vor äusseren Einwirkungen geschützten, übrigens beliebig zusammengesetzten mechanischen Systems ist. Sie werden bei populär-astronomischen Erörterungen gelegentlich in Bezug auf das Planetensystem davon haben reden hören, da in der That das Planetensystem so weit entfernt auch von den nächsten Fixsternen ist, dass deren Einwirkung im Laufe der Geschichte astronomischer Beobachtungen noch keine merklichen Einwirkungen hat hervorbringen können. In einem so abgeschlossenen Systeme kann der Schwerpunkt eine Bewegung haben, die ungestört durch alle gegenseitigen Einwirkungen des Systems mit constanter Geschwindigkeit vorwärts geht, in ewig unveränderter Richtung. Die entsprechende Geschwindigkeit kann auch den Werth Null haben, d. h. dieser Schwerpunkt kann ruhen; dann wird er sich auch nie in Bewegung setzen.

Ob der Schwerpunkt des Planetensystems ruht, oder fortschreitet, wissen wir noch nicht mit einiger Sicherheit; vorläufig ist die Behauptung der Constanz seiner Geschwindigkeit und ihrer Richtung nur auf theoretische Gründe gebaut.

Aber eine andere ähnliche Grösse giebt es, deren Betrag in der That durch Beobachtungen controllirt werden kann, das ist das sogenannte Moment der Rotationsbewegung des Planetensystems, welche den mechanischen Gesammtbetrag aller einzelnen Umlaufsbewegungen der Planeten um die Sonne, und ihrer Trabanten um den Planeten, und der Planeten um die eigene Drehungsaxe zusammenfasst. Aus diesen Grössen lässt sich in passender Weise eine Summe bilden, wobei die Umlaufbewegungen auf beliebig im Raume gerichtete Rotationsaxen bezogen werden können. Für jede solche Axe von constanter Richtung, die durch den Schwerpunkt des Systems geht und mit diesem, sich selbst par-

allel bleibend im Raume fortrückt, ist das ganze Bewegungsmoment constant. Für eine dieser Axen ist es am grössten; senkrecht zu ihr denkt man sich die invariable Ebene des Systems gelegt, die eine mittlere Lage zwischen all den Bahnebenen des Systems und Aequatorialebenen der einzelnen Planeten einhält. Die Richtung dieser Ebene und der Betrag des um ihre Normale genommenen Rotationsmoments des Systems sind nicht zu verändern durch irgend welche wechselseitige Einwirkung irgend welcher Art, die zwischen den Körpern des Systems vor sich geht.

Im kleinen Maassstabe, aber freilich nie ganz frei von äusseren Störungen können Sie dieses Beharrungsvermögen der Rotation an jedem schnell rotirenden Kreisel sehen, der sicher auf seiner Spitze mit vertikaler Axe steht, so lange er schnelle Rotation hat, und umfällt, sobald er diese verliert.

Sie sehen also, diese Grössen, die Geschwindigkeit des Schwerpunkts des Planetensystems und ihre Richtung, die Richtung der invariablen Ebene und der Werth des grössten Rotationsmoments des Systems sind bei dem gegebenen Zustande unserer Welt ebenso unveränderliche Grössen wie der Energievorrath derselben. Wenn Einwirkungen von Fixsternen da sind und in langer, langer Zeit sich addirend vielleicht unseren Nachkommen merkbar werden sollten, werden diese vielleicht die Schwerpunktsbewegungen dieser Fixsterne und ihre Rotationsmomente mit in die Rechnung hineinziehen müssen. So lange wir nur nach Jahrtausenden rechnen, genügt die Beschränkung auf das Planetensystem.

Nun wären wir freilich am Ende unserer Kenntniss von solchen in sich unveränderlichen Bewegungsgrössen. Am Ende unserer Kenntniss, am Ende der Liste von solchen, deren Werth wir genau zu berechnen und zu controlliren wissen, aber nicht am Ende der Aufzählung aller existirenden gleichartigen Grössen. Im Gegentheil, deren Zahl

ist so gross, dass das Menschengeschlecht schwerlich je mit ihrer Erkenntniss und Zählung wird fertig werden können.

Fragen wir darüber zunächst den Mathematiker, der sich mit mechanischen Problemen beschäftigt. Was ich von solchen Ihnen bisher aufgeführt habe, das nennt er Integrationsconstanten; „Constanten“ eben deshalb, weil sie unveränderlich sind. Und sein Verfahren, die Gleichungen, welche die Bewegungsgesetze ausdrücken, aufzulösen und deren Endresultat für irgend einen beliebig späteren Zeitpunkt zu finden, nennt er „Integration“. Es sind ihm also Constanten, auf die er bei der Integration der Bewegungsgleichungen stösst, und deren Werth er passend bestimmen muss, um seine Lösung der allgemeinen Bewegungsgesetze auf den besonderen Fall anzupassen des bestimmten Körpersystems, mit dem er sich eben beschäftigt, dessen Theile alle zu Anfang der Zeit, auf welche die Rechnung sich bezieht, ihre bestimmte Lage im Raum und ihre Geschwindigkeiten von bestimmter Grösse und Richtung gehabt haben.

Nun fragen Sie den Mathematiker, wie viel Integrationsconstanten er braucht bei einem Problem, wo ein einziger untheilbarer Massenpunkt sich unter dem Einflusse bekannter im Raume unveränderlich vertheilter Kräfte bewegt. Er antwortet Ihnen, er brauche drei. Deren Werth drückt er aus durch die Abmessungen, durch die er die anfängliche und schliessliche Lage des Massenpunktes bestimmt hat, und durch die Energie, welche der Punkt im ersten Moment seiner Bewegung besass.

Wenn es aber 10 Massenpunkte sind, die gegenseitig Kräfte auf einander ausüben, so hat er 30 Integrationsconstanten zu berechnen, d. h. er hat zu ermitteln, wie aus den Raumabmessungen diese constanten und während des weiteren ungestörten Ablaufs der Bewegung unveränderlichen Werthe zusammengesetzt und zu berechnen sind.

Bei kleineren Gruppen, aus Naturkörpern gebildet, die

gegenseitig auf einander wirken, werden Eingriffe von aussen, die den Ablauf der Bewegungen verändern, häufiger sein. Aber die allgemeine Form der Lösung würde immer dieselbe bleiben können, wenn auch die Rechnungen für menschliche Gehirne und für die Hülfsmittel unserer jetzigen Mathematik, die schon die neun Integrationsconstanten für drei Massenpunkte nicht mehr zu bilden weiss, unausführbar sind.

Wir müssen aber aus diesen Ueberlegungen schliessen, dass solche unzerstörbare und unvermehrbare immaterielle Grössen . . . .“

Am 14. December fand in der Singakademie zu Berlin eine Gedächtnissfeier auf Anregung der physikalischen und physiologischen Gesellschaft statt. Der Kaiser, die Kaiserin und die Kaiserin-Mutter, die Angehörigen und nächsten Verwandten des Verstorbenen sowie eine auserlesene zahlreiche Versammlung hatten sich zu dieser Feier eingefunden. Zur Einleitung des Ganzen trug der Chor der Königlichen Hochschule für Musik unter der Direction von Professor Adolf Schulze ein geistliches Lied vor. Hierauf folgte die weihevolle, in Form und Inhalt ausgezeichnete Rede seines langjährigen Freundes und Collegen Wilhelm von Bezold. Im unmittelbaren Anschluss an sie spielte Joachim unter Orgelbegleitung das Abendlied von Schumann, dem der Verblichene so oft mit wahrer Andacht gelauscht hatte. Abermaliger Chorgesang bildete den Schluss der ernsten Feier. Jedem der Anwesenden trat noch einmal das herrliche Bild des gewaltigen Mannes vor Augen.

„Der Mit- und Nachwelt“, sagt du Bois, dessen letzte Federstriche dem Andenken des vorausgegangenen Freundes gehörten, „wird Helmholtz's Aeussere in Bildniss und Büste durch die besten deutschen Künstler vergegenwärtigt und aufbewahrt. Für die, denen es fremd geblieben, sei gesagt, dass es ganz seiner innern Grösse entsprach. Ein fast übermächtiger

Schädel, aber von reinster Form, barg das wundervolle Denkorgan, ein Paar herrlicher Augen liess nicht erkennen, welches gefährliche Maass von Anstrengung in subjectiven Versuchen es ohne Schaden ertragen hatte, während die untere Hälfte des bräunlichen Antlitzes durch die Kleinheit und Zierlichkeit die Feinheit seiner geistigen Neigungen spiegelte. Er war von mehr als mittlerer Grösse, kräftigem Wuchs und edler Haltung."

Unmittelbar nach Schluss der Feier theilte der Kaiser dem Staatsminister von Delbrück mit, es sei seine Absicht, dass Helmholtz unverzüglich ein öffentliches Denkmal errichtet werde, zu welchem er 10 000 Mark beisteuern und den Platz bewilligen würde.

Von der ernsten Todtenfeier zurückgekehrt, schrieb seine Frau einer Freundin:

„Ich bin jetzt namenlos unglücklich und sehe täglich mehr, wie ganz das Leben ihm gehörte, wie ich nur mit diesem von mir nur zu sehr, als ganz selbstverständlich angesehenen Hintergrund des Daseins überhaupt lebte und dadurch nur die eigene Persönlichkeit entwickeln konnte; wie ich ohne diesen Mittelpunkt so haltlos zusammenfalle, wie er es that, als sein Gehirn plötzlich nicht mehr voll functionirte. Von dieser Vereinsamung nach dieser Gemeinschaft kann sich Niemand einen Begriff machen."

„Die ganze Gedankenwelt der civilisirten Menschheit", sagte einst Helmholtz, „tritt dem Forscher als ein fortlebendes und sich weiter entwickelndes Ganze entgegen, dessen Lebensdauer der kurzen des einzelnen Individuums gegenüber als ewig erscheint. Er sieht sich mit seinen kleinen Beiträgen zum Aufbau der Wissenschaft in den Dienst einer ewigen heiligen Sache gestellt, mit der er durch enge Bande der Liebe verknüpft ist. Dadurch wird ihm seine Arbeit selbst geheiligt."

Am 30. November 1894 gab Lord Kelvin in der Royal

Society einen kurzen Abriss der Arbeiten von Helmholtz mit den einleitenden Worten:

„A year ago, in my anniversary address, I called your attention to Hertz's experimental demonstration of electric waves, which he found in working out an experimental problem originally proposed by Helmholtz to him, when he was engaged in experimental researches in the Physical Institute of Berlin in 1879. An English translation by Jones, of Hertz's book describing his work on electric waves, dedicated „with gratitude“ to Helmholtz, was published in England and Amerika in December 1893. On the first day of the new year the disciple died, and within the year the master followed him. Of the whole of Helmholtz's great and splendid work in physiology, physics and mathematics, I doubt whether any one man may be qualified to spreak with the power which knowledge and understanding can give: but we can all appreciate, to some degree, the vast services which he has rendered to biology by the application of his mathematical genius and highly trained capacity for experimental research to physiological investigation.“

Helmholtz hatte sich auf Anregung aus seinem Schülerkreise noch kurz vor Pfingsten 1892 zur Herausgabe seiner an der Berliner Universität gehaltenen Vorlesungen über mathematische Physik entschlossen und auch vor seiner Erkrankung im Jahre 1894 einige Theile davon durchgesehen, ohne sie druckfertig gestalten zu können. Die von seinen hervorragenden Schülern A. Koenig, O. Krigar-Menzel, C. Runge und F. Richarz bearbeiteten Vorlesungen bilden jetzt die ausgezeichnetsten Lehrbücher einzelner Theile der mathematischen Physik.

Auch hatte er noch vor seinem Tode etwa zwei Drittel des im folgenden Jahre erschienenen dritten Bandes der „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ im Reindruck gesehen, der Druck der vierten Auflage der „Vorträge und

Anna von Helmholtz, geb. von Mohl.
Nach einem Portrait von Franz von Lenbach 1895.
Im Besitze von Frau Ellen von Siemens.



Reden", welche erst 1896 veröffentlicht wurde, hatte eben begonnen, als er starb.

„Wenige Tage vor seinem Hinscheiden", sagt Frau von Helmholtz in der Vorrede zu derselben, „schon im Gefühle der schwindenden Kraft übertrug er mir die Durchsicht des Textes, nur mit wenigen Worten andeutend, in welcher Weise diese erfolgen sollte. Zaghaft und traurig übernahm ich die Aufgabe . . . . ."

„Die Unzulänglichkeit des eigenen geistigen Vermögens", schrieb mir Frau von Helmholtz am 8. December 1895, „habe ich in den ganzen 34 Jahren unseres schönen Zusammenseins immer als eine Art von Tragik empfunden. Es war mir schmerzlich, in die innerste Geisteswerkstätte des Mannes, der mir Seele und Lebensinhalt war, nicht eindringen zu können . . . Dass er uns genommen ist, verstehe ich weniger und weniger, und mit dem leeren Leben weiter wirthschaften zu müssen, ist wohl eine schwere Aufgabe . . . ."

Nur den einen Wunsch hatte sie noch, die Enthüllung des vom Kaiser befohlenen Denkmals zu erleben.

An der Spitze des zur Errichtung des Denkmals gebildeten Centralcomités stand Rudolph von Delbrück, „der letzte nunmehr auch ins Grab gesunkene Zeuge jener ruhmreichen Epoche unseres Volkes". Der Mann, an dem Dryander „die Macht des alles beherrschenden Verstandes, die Klarheit des alle Wirrnisse durchdringenden Geistes, die wunderbar abgeklärte Ruhe seines Wissens" pries, gehörte zwei Decennien hindurch zu den treuesten Freunden und hingebendsten Verehrern des Helmholtz'schen Hauses. „Manche gemeinsame Arbeit wurde zum Markstein in der Culturgeschichte unseres Volkes, wenn schöpferische Gedanken der Kaiserin Friedrich Aufgaben hohen Menschenthums gestalteten, welche Widerhall finden mussten in der warmen Empfindungswelt, in der organisatorisch bedeutungsvollen Thatkraft von Frau von Helmholtz, und welche die Form der Gesetzmässigkeit empfangen sollten von der ziel-

bewussten Klarheit des Gerechtigkeitssinnes Rudolph's von Delbrück." So fühlte gerade er sich berufen, in Gemeinschaft mit Arthur Koenig, dem Schüler und Mitarbeiter von Helmholtz, sich der Ausführung des ihm vom Kaiser ertheilten Auftrages thatkräftig anzunehmen.

Die Enthüllung des Denkmals, dem der Kaiser seine Stelle im Vorgarten der Universität angewiesen, fand am 6. Juni 1899 in Gegenwart der Kaiserin, des Kronprinzen und, als Vertreter des Kaisers, des Prinzen Heinrich statt im Beisein aller Mitglieder der Helmholtz'schen Familie und der hervorragendsten Vertreter der Gelehrten- und Künstlerwelt Berlins. Der Kaiser selbst hatte an demselben Tage an Frau von Helmholtz das folgende Schreiben gerichtet:

„Zu Meinem lebhaften Bedauern bin ich behindert, der heutigen Enthüllung des im Vorgarten der Friedrich-Wilhelms-Universität errichteten Standbildes Ihres verewigten Herrn Gemahls persönlich beizuwohnen. In Erinnerung an die unvergesslichen Verdienste des Verewigten um die deutsche Wissenschaft und bei der besonderen Verehrung, welch Ich ihm allezeit gewidmet habe, nehme Ich innigen Antheil an der Feier und freue Ich Mich, dass fortan das Standbild des grossen Forschers und Gelehrten den Zugang zur Universität schmücken wird zu seinem Ruhme, zu Ehren der Wissenschaft und zur Nacheiferung für die Berliner akademische Jugend. Am heutigen Tage gedenke Ich aber auch mit besonderer Theilnahme Derjenigen, welche dem Entschlafenen im Leben am nächsten gestanden und als treue Gefährtin durch sein Hinscheiden den schwersten Verlust erlitten hat. Ich bitte Sie daher, als Zeichen meiner Verehrung und meines Wohlwollens Meine beifolgende Büste freundlichst entgegenzunehmen.

Pröckelwitz, den 6. Juni 1899.

Ihr
wohlaffektionirter König
Wilhelm R."

Nachdem Delbrück nach einigen ergreifenden Worten das Zeichen gegeben, fiel die Hülle von dem herrlichen Kunstwerk, und Waldeyer übernahm dasselbe als Rector der Alma mater:

„. . . . Dank vor allem unserm Meister Herter, dessen feinsinniges Auge und kunstbeseelte Hand den schmiegsamen Thon sich fügen und des Marmors hartes, sprödes Korn sich formen machten zu diesem Bildnisse, welches den grossen Todten, den „Achilleus" einer geistigen Wahlstatt, wieder wie lebendig mitten unter uns stellt. An diese Stelle gehörte nur das Bildniss eines Lehrers der Universität und Gelehrten, dessen Forschungsweise einen universalen Charakter trug und dessen Arbeit, von echt philosophischem Geiste durchdrungen, sich dem Höchsterreichbaren zuwendete. Ein solcher war Helmholtz! Fast möchte uns eine gewisse Scheu ergreifen, wenn wir das Denkmal da vor uns ansehen und dessen gedenken, was in dem edelgeformten Haupte, welches Meister Herter so gut wiedergegeben hat, für eine Gedankenarbeit gethan ward und was für eine Gedankenfülle darin wohnte . . . ."

Als die Enthüllung der herrlichen irdischen Gestalt wie seine persönliche Nähe alle Schauenden erfasste, sprach Frau von Helmholtz: „Jetzt ist die letzte grosse Stunde meines Lebens gekommen, nun habe ich nichts mehr zu thun."

Am Abend desselben Tages versammelte sie an denkwürdiger Tafelrunde die Förderer dieser That der Hingebung und Treue. Der Augenblick wird unvergessen bleiben, als sie selbst tief erschüttert in einfachen grossen Worten ihren Dank aussprach, dass die Liebe für den Verlorenen ihr diese letzte glückliche Stunde der Zusammengehörigkeit bescheert habe.

Am nächsten Morgen geleitete sie ihren schwer leidenden Sohn Fritz zu seinen bewährten Helfern, Kussmaul und Fleiner in Heidelberg, während sie selbst sich der

Einrichtung seines kleinen Anwesens in Baden widmete, welches ihre Liebe als Ziel seines Hoffens gefunden hatte.

Nach kurzem Zusammenleben mit Tochter, Enkeln und Freunden reiste sie in den letzten Tagen des November 1899 nach Abbazia zu ihrer Schwester, um derselben an dem Sterbelager ihres Mannes beizustehen. Vierzehn Tage später, am Tage der geplanten Heimkehr, erkrankte sie selbst schwer im Hause ihrer Schwester und starb in Volosca am 1. December 1899. „Verzeiht mir, dass ich hier sterbe“, waren ihre letzten Worte.

„Ihre Sehnsucht nach der unerreichbaren heissgeliebten Tochter war für uns Verzweifelnde herzzerreissend.“

„Lasse ich die Jahre“, schreibt Frau von Schmidt-Zabiérow, „in welchen sich das äussere Leben meiner Schwester in Berlin sowie das meine in Oesterreich durch die Stellungen unserer Männer und günstige Umstände stetig weitete, in der Erinnerung an mir vorüberziehen, so ist das Bild meiner Schwester eine Lichtgestalt, zu der ich in allen Verwickelungen und Schwierigkeiten vertrauensvoll emporblickte. Ihrem sicheren Urtheile, ihrem reichen Seelenleben, der Lauterkeit ihrer Gesinnung entströmte jene Kraft, die ihren Einfluss, ihr selbst oft unbewusst, auf ihre Umgebung, auf Hoch und Niedrig, auf Alle, die mit ihr in Berührung kamen, zu allen Zeiten sicherte. So wie die schlichte Arbeiterfrau aus dem Volke Verständniss für die Mühsal ihres Lebens, Trost und Hülfe bei meiner Schwester fand, so schöpften die auf der Höhe des Daseins Wandelnden, gekrönte Fürstinnen, den Sorgen und Anschauungen der Alltäglichkeit weit entrückt, aus der reichen Lebenserfahrung meiner Schwester das Erkennen der Möglichkeiten weitgreifender socialer Reformen. Mit einem Worte, Nichts Menschliches war ihr fremd.“

Am 4. December 1899 schreibt Eduard Zeller an Frau von Siemens:

„Viele Hunderte, und gerade von den geistig und ge-

sellschaftlich Höchststehenden, werden mit Euch trauern um die seltene Frau, der ich unter allen deutschen Frauen der Gegenwart keine zu vergleichen wüsste, um dieses reiche, aus seinen Schätzen nach allen Seiten mit so wohlthätiger Freigebigkeit spendende Leben. Aber nur solche, denen es, wie uns, vergönnt war, Deinen unvergesslichen Eltern und ihrem Hause lange Zeit nahe zu stehen — nur solche können ganz empfinden, was und wie viel Ihr, wie früher an dem Vater, so jetzt an der Mutter verloren habt. Ihr alle gleich sehr, und jedes noch in seinem Theile besonders. Einem solchen Verluste gegenüber sind alle Trostesworte kalt und schaal. Da bleibt uns Menschen nur übrig, uns in das Unabwendbare zu ergeben, und die, welche unserem leiblichen Auge entrückt sind, nur um so treuer in fortdauernder innerer Lebensgemeinschaft dem geistigen gegenwärtig zu erhalten."

Am 17. November 1901 vollendete ihr jüngster Sohn Fritz, 33 Jahre alt in Heidelberg seinen Leidensweg, nachdem er die letzten Jahre auf seinem kleinen Besitzthum bei Baden ruhig und zurückgezogen verlebt hatte — treue Freunde standen an seinem Sarge im Heidelberger Krankenhause — alle tief erschüttert in dem Gedenken dessen, was mit dem Hause Helmholtz dahin gegangen.

Wir scheiden von dem grossen Todten und seinen Schöpfungen, die wir anstaunen wegen der Tiefe und Universalität der Gedanken und bewundern als Kunstwerke, entsprungen einem edlen und wahrhaft sittlichen Geiste; wir fühlen uns ergriffen von den Gefühlen, denen er selbst in Bewunderung der grossen Dichter und Künstler so schönen Ausdruck verliehen, in Worten, die sich wie auf Goethe und Beethoven, mit vollem Rechte anwenden lassen auf ihn selbst und auf die von ihm geschaffenen Kunstwerke reiner Vernunft und ästhetischer Urtheilskraft:

„Wir verehren in ihnen einen Genius, einen Funken

göttlicher Schöpferkraft, welcher über die Grenzen unseres verständig und selbstbewusst rechnenden Denkens hinausgeht. Und doch ist der Künstler wieder ein Mensch, wie wir, in welchem dieselben Geisteskräfte wirken, wie in uns selbst, nur in ihrer eigenthümlichen Richtung reiner, geklärter, in ungestörterem Gleichgewichte, und indem wir selbst mehr oder weniger schnell und vollkommen die Sprache des Künstlers verstehen, fühlen wir, dass wir selbst Theil haben an diesen Kräften, die so Wunderbares hervorbrachten."

Koenigsberg d. 17.12.80.

Lieber Vater,

zunächst meine besten Wünsche zu Deinem Geburtstage und das neue Jahr, welches Du antrittst; mit Deiner Gesundheit scheint es sich ja in der letzten Zeit gut gehalten zu haben, in der Beziehung wünsche ich Dir vor Allem ein vortreffliches Gedeihen.

Bei uns hier regnet es seit Anfang September fast ununterbrochen, so daß man leider nicht viel in das Freie kommen kann. Dessenungeachtet ist es mir mit meiner Gesundheit, seitdem die Sommerhitze vorüber ist, ganz gut gegangen, und ich bin auch mit meinen Arbeiten weitergerückt. Der Druck meiner Abhandlung über Jahresschwankungen der Mittel und Extreme vorzüglich ist vollendet, leider die Tafel noch nicht, so daß ich sie Dir noch nicht schicken kann. Einen populären Vortrag über denselben Gegenstand habe ich neulich hier in der physikalisch ökonomischen Gesellschaft gehalten, und werde Dir dann das Manuskript nächstens zuschicken, und hältst Du es für passend, so könntest Du vielleicht die litterarische Gesellschaft damit erquicken, wenn dieselbe etwa Mangel an Vorträgen ist. Ich habe hier allerdings noch zwei ganz kurze Erklärungen mit Tafelzeichnungen

